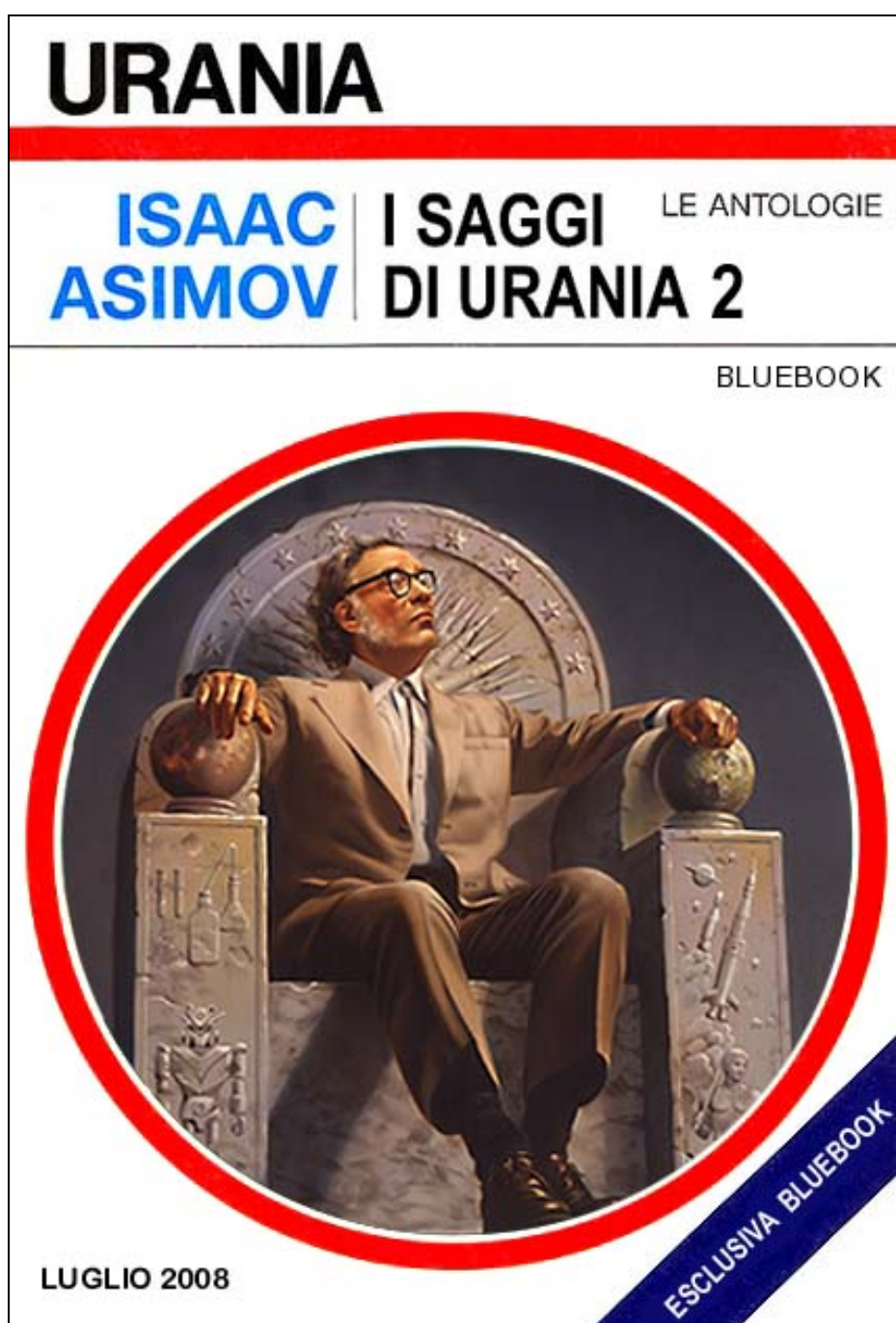


Isaac Asimov
I saggi di Urania 2

Antologia di saggi scientifici
apparsi in appendice ad *Urania*





Indice

<i>Morte per progressione geometrica.....</i>	3
<i>Luminosi pignoli</i>	13
<i>Per una particella in più</i>	20
<i>Scivola, stella, scivola.....</i>	29
<i>Il corollario di Asimov</i>	38
<i>La mia opinione sull'Aldilà.....</i>	45
<i>La parola che ho inventato</i>	54
<i>L'influsso della cometa</i>	62
<i>Hertz, Crookes, Marconi & C.....</i>	72
<i>Dai raggi X ai raggi cosmici</i>	78
<i>Stella fuggitiva</i>	86
<i>Veleni in negativo.....</i>	94
Appendice: gli «altri» saggi	103
I robot che ho conosciuto	104
I nuovi docenti	108
Quel che desideriamo	110
Farsi gli amici.....	112
I nostri intelligenti attrezzi	114
Le leggi della robotica.....	116
Un futuro fantastico	118
La macchina e il robot.....	122
La nuova professione	130
Il robot come nemico?.....	132
Intelligenze insieme	134
I miei robot.....	136
Le leggi dell'umanica.....	140
Organismo cibernetico	144
Il senso dell'umorismo.....	150
Rapporti fra robot.....	152

Morte per progressione geometrica

The Power of Progression, 1969

Traduzione di Rosalba Buccianti

Urania n. 534 (22 febbraio 1970)

Quando scrivo (e scrivo per la maggior parte del mio tempo) abito nell'attico di una casa suburbana della media borghesia americana, modesta ma sufficientemente confortevole.

Sono solvibile, lo sono sempre stato e, con un po' di fortuna, lo sarò sempre, poiché mi pagano generosamente per fare quello che più desidero al mondo. Il mio standard di vita non è molto elevato, desidero poche cose oltre che sedere davanti a una macchina da scrivere elettrica con un costante rifornimento di carta bianca a mia disposizione. Comunque, quel poco che potrei volere in più, riesco, in genere, ad averlo, o per lo meno me lo posso procurare.

Non ho padrone e non ho dipendenti, sono dunque, in entrambe le direzioni, un uomo libero. I miei editori rispettano e hanno sempre rispettato le mie idee per cui non si è mai dato il caso di dover litigare. Non ho mai avuto guai con le autorità e, con una ragionevole dose di fortuna, è probabile che non ne abbia mai.

In breve, vivo immerso nel mio lavoro e nella mia piccola oasi di felicità, nella più ricca nazione del mondo e nel periodo in cui questa nazione verosimilmente sembra aver raggiunto il suo massimo splendore.

È un vero peccato che tutto questo sia in realtà puramente illusorio, e che io non riesca a dissimulare a me stesso la verità. Questa mia isola di pace serena è in realtà solo una tranquilla bolla sul punto di essere travolta da una corrente impetuosa che rovina a valle verso la catastrofe mentre, spettatore impotente, io posso solo stare a guardare senza riuscire a scorgere il benché minimo ostacolo in grado di frenare o bloccare il suo fatale procedere.

Il problema può essere definito con una sola parola: sovrappopolazione.

Sono molti a lamentare quella che comunemente viene chiamata esplosione demografica, ma pochi lo fanno in termini chiari, per cui le loro preoccupazioni vengono generalmente spazzate via dagli indifferenti e dagli ottimisti. Le argomentazioni di questi ultimi sono assai semplici, addirittura semplicistiche: la popolazione è sempre andata crescendo, ma con la popolazione è anche aumentato il tenore di vita, quindi, perché preoccuparsi?

Dopo tutto, più braccia e più menti significano anche più lavoro e più inventiva, quindi maggior progresso. Un milione di uomini possono fare molto più di cento uomini e la somma delle loro qualità compenserà in recesso tutte le aumentate difficoltà nate dall'interazione di un milione di individui paragonati a quelle di cento individui.

I risultati cui siamo giunti ne sono la dimostrazione più evidente. Si valuta che la popolazione del nostro pianeta nel 1969 sia di circa tre miliardi e mezzo, questa è

naturalmente la cifra più elevata che sia mai stata raggiunta nella storia della Terra.

Questo non significa che non ci siano uomini, centinaia di milioni di uomini, i quali soffrano costantemente la fame, centinaia di milioni di uomini che vivono oppressi, spaventati e schiavizzati. Ma è anche vero che in passato la situazione era persino peggiore.

E allora? Perché preoccuparsi? Perché non sperare che la popolazione e il livello di vita continueranno a crescere in modo armonico e parallelo?

Questo atteggiamento, queste opinioni, mi ricordano invariabilmente la storia dell'uomo che stava cadendo dall'alto dell'Empire State Building. All'altezza del decimo piano sembra che qualcuno l'abbia sentito mormorare: «Ebbene, sono caduto per novanta piani e in fondo non sto mica poi tanto male!»

Esaminiamo dunque, insieme la storia del nostro pianeta dal punto di vista demografico, e desumiamone tutte le informazioni che è possibile trarne.

Gli studiosi di ecologia pensano che, nel periodo precedente l'introduzione dell'agricoltura, gli alimenti che si potevano ottenere con la caccia, la pesca e raccogliendo frutta e bacche selvatiche, potevano nutrire soltanto una popolazione mondiale che non oltrepassasse i 20 milioni, ed è anche molto probabile appunto che la popolazione totale della Terra, nell'età della pietra, non abbia mai raggiunto più di un terzo o al massimo la metà di tale cifra.

Questo significa che intorno al 6000 avanti Cristo, la popolazione mondiale non oltrepassava probabilmente i 6 o al massimo i 10 milioni di uomini, grosso modo la popolazione odierna di New York, o di Shanghai o di Tokio. (Quando venne scoperta l'America, si pensa che la popolazione indiana la quale occupava quello che attualmente è il territorio degli Stati Uniti non oltrepassasse le 250.000 persone, il che significherebbe attualmente immaginare la popolazione di una cittadina come Dayton nell'Ohio, sparsa per tutta la nazione statunitense.)

Con l'introduzione dell'agricoltura è verosimile che si sia verificato il primo grosso aumento della popolazione terrestre, quando le grandi civiltà rivierasche sorte lungo il corso del Nilo, del Tigri e dell'Eufrate, dell'Indo, applicando i primi principi dell'irrigazione, diedero inizio alla coltivazione che venne quindi a soppiantare l'antico sistema di raccogliere il cibo offerto dalla natura.

Questo naturalmente rese possibile lo stabilirsi in quelle zone di insediamenti umani assai più densi di quanto non fosse mai avvenuto prima.

Da allora, l'incremento della popolazione è andato parallelo con la conquista di nuove terre all'agricoltura.

Con l'inizio dell'età del bronzo, si valuta che la popolazione mondiale avesse raggiunto i 25 milioni. Durante l'età del ferro, è probabile che si aggirasse sui 70 milioni.

All'inizio dell'era cristiana, la popolazione mondiale era probabilmente intorno ai 150 milioni, di cui un terzo circa era concentrato entro i limiti dell'impero romano, un altro terzo viveva nell'impero cinese, e il resto sparso per il rimanente della Terra.

La caduta dell'impero romano significò un declino della popolazione locale, gli effetti peggiori si concentrarono nell'Europa occidentale, ma è alquanto dubbio che si sia avuto un effettivo calo demografico. Inoltre, intorno all'anno 1000, quando

impararono a ferrare il cavallo, a passargli il morso, e inventarono l'aratro, gli uomini riuscirono a trasformare le foreste fredde e umide dell'Europa nordoccidentale in terreno coltivabile. Intorno al 1600 la popolazione mondiale aveva ormai raggiunto i 500 milioni di individui.

Gli esploratori europei aprirono all'agricoltura altri 46 milioni di chilometri quadrati, scoprendo nuove terre in America e altrove. Nel frattempo la rivoluzione industriale aveva meccanizzato l'agricoltura, per cui era venuta a cadere la antica necessaria proporzione tra la popolazione e gli uomini dediti all'agricoltura. L'agricoltura progredì sempre più, mettendosi in grado di fornire il sostentamento a un numero sempre maggiore di persone per ogni acro coltivato. Verso il 1800, la popolazione mondiale raggiunse i 900 milioni, nel 1900 salì a 1.600 milioni, nel 1950 era già oltre i 2.500 milioni e nel 1969, come abbiamo già detto prima, si valuta che la popolazione mondiale sia di 3 miliardi e mezzo.

Studiando insieme queste cifre, cerchiamo di valutare quanto tempo è stato necessario, nei vari periodi storici, perché la popolazione del nostro pianeta raddoppiasse. Sino al primo secolo dopo Cristo, la popolazione mondiale raddoppiava in media ogni 1.400 anni. Un ritmo alquanto lento se considerate che ci vorrebbe una generazione, cioè circa 33 anni, perché si verificasse lo stesso fenomeno, solo se ogni coppia avesse quattro figli e poi morisse. Come mai? Possibile che i nostri antenati non sapessero come avere figli?

Evidentemente non è questa la spiegazione. Avevano figli con la medesima facilità con cui li abbiamo noi oggi, ma il guaio era che la maggior parte dei bambini moriva prima di raggiungere i cinque anni di età. A quell'epoca era persino raro, per coloro che oltrepassavano i cinque anni di età, diventare adulti, e ci voleva una buona dose di fortuna perché quei pochi che ce la facevano, vivessero sino ai trentatré anni.

Tutta la letteratura mondiale riecheggia dell'inesorabile brevità della vita, ma i tempi sono cambiati e noi abbiamo ormai dimenticato, o non siamo più capaci di interpretare quanto ci hanno tramandato i nostri avi.

Nell'*Iliade*, Omero ci narra di Nestore che «era sopravvissuto a due intere generazioni di suoi sudditi e governava sulla terza». E noi, naturalmente, pensiamo subito che Nestore doveva essere, allora, una specie di Matusalemme. Ma non era così. In quell'epoca Nestore aveva probabilmente circa sessant'anni, età venerabile, per quel periodo, e più che sufficiente per sopravvivere ai padri, ai figli dei propri sudditi, e riuscire a governare sui nipoti.

La maggior parte delle società antiche erano governate dagli "anziani". I romani avevano il senato, composto dai senatori, cioè da uomini "vecchi", basti notare che la parola *senile* deriva dalla medesima radice di *senato* e *senatore*. Si pensa oggi in genere che queste società fossero governate da vegliardi dalla barba bianca.

Sciocchezze! In quelle antiche società tutti gli uomini che avevano oltrepassata la soglia dei trentacinque anni erano considerati vecchi. Se volete una prova interessante di quanto sto affermando, basterà che ricordiate che per appartenere al senato degli Stati Uniti, il club degli anziani in America, bisogna avere l'età minima di trent'anni. Ai padri fondatori, nel 1787, questa età era sembrata sufficientemente avanzata. Se oggi dovessimo fissare la soglia della vecchiaia, scommetto che partiremmo, almeno dai quarant'anni, ad essere pessimisti.

Anche all'epoca di Shakespeare la nozione di vecchiaia era assai dissimile dalla nostra. Il *Riccardo II* comincia con queste parole: «Il vecchio John Gaunt, dell'onorato casato dei Lancaster...» e sulle nostre scene il “vecchio John Gaunt” è invariabilmente rappresentato come un vegliardo di almeno 150 anni che riesce a stento a trascinarsi barcollante sul palcoscenico. In realtà, nel periodo in cui è ambientata l'azione del *Riccardo II*, il vecchio onorato membro del casato dei Lancaster aveva 58 anni.

Si potrebbe forse pensare che Shakespeare non lo sapesse. Ma, in un'altra tragedia, il *Re Lear*, il duca di Kent, a un certo punto, parlando di sé dice: «Ho quarantotto anni sulle spalle» e più avanti nella tragedia, si parla di lui come di un “vecchio” briccone.

Si può quindi comprendere perché il primo comandamento divino all'umanità, tramandatoci dalla Bibbia sia stato «Andate, crescete, moltiplicatevi e popolate la terra...» (*Genesi*, 1,28 9).

Nelle condizioni in cui vivevano i nostri antenati, se non fossero stati fecondi e non si fossero moltiplicati, non avrebbero potuto sopravvivere. Solo avendo il maggior numero possibile di figli potevano avere la certezza che qualcuno di questi sarebbe vissuto abbastanza per avere a sua volta numerosi figli assicurando così la sopravvivenza della specie.

Ma i tempi sono mutati. La terra è popolata, e non è più necessario essere straordinariamente fecondi per essere certi che almeno alcuni sopravviveranno. Coloro che considerano queste parole della Bibbia applicabili a qualunque condizione di vita e insistono per seguire letteralmente l'insegnamento, anche se le condizioni attuali sono completamente modificate, recano un enorme danno all'umanità. Se parlassi in termini biblici direi che sono al servizio del diavolo.

Con il miglioramento delle condizioni di vita e il diminuire del tasso di mortalità, la durata della vita è aumentata e il tempo necessario per raddoppiare la popolazione mondiale è diventato sempre più breve. Eccovi la mia valutazione del tempo necessario per raddoppiare la popolazione del nostro pianeta nei vari periodi storici:

sino al 100 d.C.	1.400 anni
dal 100 al 1600	900 anni
dal 1600 al 1800	250 anni
dal 1800 al 1900	90 anni
dal 1900 al 1950	75 anni
dal 1950 al 1969	47 anni

Potete quindi notare che non è solo la popolazione che sta aumentando; cresce anche il tasso con cui aumenta la popolazione. È questo che rende la nostra situazione esplosiva.

Non solo. La situazione è peggiore in quelle zone che meno si possono permettere questa esplosione demografica. Nelle Filippine, per esempio, il tasso corrente di incremento è tale per cui bastano 22 anni perché la popolazione raddoppi.

Questa diminuzione del tempo necessario al raddoppiamento della popolazione è stata provocata da una diminuzione non controbilanciata del tasso di mortalità. Anche

il tasso della natalità è sceso, ma non abbastanza per compensare la diminuzione della mortalità, e non è comunque sceso molto in quelle zone della terra che sono “sottosviluppate”. Cosa possiamo fare, adesso?

Per potere prendere delle decisioni, dobbiamo prima renderci chiaramente conto che non è possibile lasciare che le cose vadano avanti in questo modo. E così dicendo non intendo affermare che non si deve permettere assolutamente che il tempo necessario per raddoppiare la popolazione diminuisca ancora, ma voglio dire molto di più, e cioè che è indispensabile fare in modo di abbassare il livello a cui questo aumento di popolazione è ormai giunto.

Certo ci sono gli ottimisti (e date le circostanze mi costa parecchio definire certa gente con questo termine, dato che, secondo me, l'appellativo più adatto a loro è “idioti”) i quali credono che se mettiamo fine alle guerre, ristabiliamo la pace nel mondo, e facciamo progredire la scienza, potremo assorbire l'incremento della popolazione.

Secondo loro si tratterebbe solamente di affrontare da un punto di vista più scientifico la coltivazione della terra, usando con intelligenza i migliori fertilizzanti, di riuscire a trarre dall'oceano tutta l'acqua, gli alimenti e i minerali che contiene, di sviluppare la potenza atomica, di sfruttare l'energia solare. Si potrà così mantenere facilmente una popolazione molto più numerosa dell'attuale. Ho sentito affermare che la Terra, trattata in questo modo utopistico potrebbe dare asilo confortevole a 50 miliardi di esseri umani.

Ma dopo? Cosa bisognerà fare per evitare che la popolazione mondiale oltrepassi questa cifra? Non sarà necessario introdurre la regolamentazione delle nascite? In altre parole, persino il più ottimista degli uomini non può negare la necessità di giungere alla fine al controllo delle nascite, e si accontenta momentaneamente per ora di affermare «che non siamo ancora in questa situazione».

È possibile che quest'uomo tanto ottimista pensi che il momento in cui la popolazione mondiale raggiungerà i 50 miliardi (o qualunque altra cifra limite lui abbia stabilito) sia così lontano per cui non è il caso che ci si preoccupi? Oppure, peggio ancora, pensa che quando si sarà raggiunta quella cifra, ulteriori progressi scientifici renderanno possibile alla Terra di ospitare un numero ancora maggiore di abitanti, andando avanti così indefinitamente nel futuro?

Se tale è il suo pensiero, allora l'“ottimista” non ha la più pallida idea di come si sviluppi una progressione geometrica. In realtà ben poche persone lo sanno, per cui tenterò ora di illustrare la rapidità di incremento di una progressione geometrica.

Visto che la popolazione mondiale è di 3 miliardi e mezzo e poiché raddoppia ai nostri tempi ad una velocità di una volta ogni 47 anni, possiamo scrivere l'equazione seguente:

$$3.500.000.000 \times 2^{\frac{x}{47}} = y$$

Questa equazione ci dice il numero degli anni (x) che saranno necessari per giungere alla popolazione mondiale (y), supponendo che la velocità con cui la

popolazione raddoppia rimanga assolutamente costante. Se vogliamo risolvere la prima equazione, otteniamo:

$$x = 156 (\log y - 9,54)$$

Supponete di chiedervi ora quanto tempo ci vorrà perché la popolazione mondiale raggiunga i 50 miliardi, quella folla, cioè, che secondo gli ottimisti può facilmente essere ospitata dalla Terra.

Ebbene, se poniamo y uguale a 50 miliardi, allora il logaritmo di y ($\log y$) è 10,70 e x è uguale a 182 anni.

In altre parole, se si mantiene costante l'attuale tempo necessario perché la popolazione mondiale raddoppi, giungeremo ad avere sulla Terra una popolazione mondiale di 50 miliardi verso il 2151.

È necessaria una dose più che massiccia di ottimismo per pensare che un lasso di tempo praticamente uguale all'attuale esistenza della costituzione americana (sei generazioni) saremo capaci di abolire la guerra e organizzare quel mondo utopistico di cui si parlava prima, capace di ospitare una popolazione incrementata, sino a quei limiti.

Saremo ancora più vicini a una catastrofe colossale se dovesse capitare qualche guaio quando 50 miliardi di abitanti ingombreranno la Terra, di quanto non lo siamo ora con i nostri tre miliardi e mezzo.

E se poi la popolazione dovesse aumentare e superare i 50 miliardi? Potremo sempre sperare che la scienza ci offra il modo di permettere alla popolazione di aumentare. Fino a quando potremo lasciare aumentare il numero degli abitanti del nostro pianeta in un futuro ragionevolmente prossimo?

Continuiamo a ragionare...

L'isola di Manhattan ha un'area di circa 57 chilometri quadrati, e una popolazione di 1.750.000 abitanti. Durante un giorno feriale, quando dalle zone limitrofe giungono a Manhattan altre persone, per ragioni di lavoro, la popolazione sale rapidamente, e raggiunge almeno i 2.200.000, per cui la densità della popolazione tocca i 100.000 abitanti ogni 2 chilometri quadrati e mezzo.

Supponete che tutta la Terra fosse così densamente popolata come Manhattan all'ora di punta, supponete che il deserto del Sahara fosse altrettanto densamente coperto di esseri umani, e le montagne dell'Imalaia, e l'Antartide, e qualunque angolo della nostra Terra fosse ugualmente fitto di abitanti.

Supponete che si gettino delle zattere sugli oceani, e che queste zattere fossero affollate con la stessa proporzione di Manhattan...

La superficie totale del nostro pianeta è di 510 milioni di chilometri quadrati. Se fosse tutto affollato come l'isola di Manhattan nelle ore di punta, la popolazione mondiale sarebbe di 20.000 miliardi, ossia 20 trilioni. Quanto tempo ci vorrebbe per raggiungere questa cifra?

Come vi dice la seconda equazione, la risposta è sorprendentemente modesta. Pensate! Ci vorranno solamente 585 anni! Per l'anno 2554, se il tasso di aumento rimane quello odierno, la superficie della Terra sarà interamente popolata come l'isola di Manhattan.

Ma naturalmente vi verrà fatto di pensare che questo lungo ragionamento non tenga ancora conto di tutti gli elementi. Bene. In fondo sono uno scrittore di fantascienza, a volte, e so tutto quello che c'è da sapere sui viaggi interplanetari. Sicuramente quando saremo giunti all'anno 2554 gli uomini staranno andando a spasso per il sistema solare, e potranno quindi stabilirsi sugli altri pianeti che potranno servire egregiamente ad assorbire l'eccedente della popolazione terrestre.

Mi dispiace, ma non funziona.

Nei prossimi 47 anni si dovrebbe riuscire a trasportare sulla Luna, su Marte o altrove tre miliardi e mezzo di persone per mantenere lo *statu quo* sulla Terra.

Qualcuno pensa veramente che saremo in grado di farlo tra 47 anni? Qualcuno pensa veramente che la Luna e Marte o qualche altro pianeta potranno essere organizzati in modo da ospitare tre miliardi e mezzo di esseri umani, seppure riusciremo a trasportarci?

Andiamo pure avanti e continuiamo a fare ipotesi. Esistono 135.000 milioni di stelle nella galassia. Alcune di queste stelle hanno forse dei pianeti abitabili su cui l'uomo potrebbe adattarsi a vivere senza che siano necessari enormi lavori organizzativi e tecnici.

Naturalmente non è probabile che si riesca a trovare e raggiungere questi pianeti né ora né in un prevedibile futuro, ma supponiamo che lo si possa fare. Supponiamo che si possano trasferire gli esseri umani istantaneamente verso qualunque pianeta si desideri semplicemente facendo schioccare le dita e senza più dispendio di energia. E supponiamo che esista una incredibile ricchezza di pianeti abitabili nella galassia, e che ogni stella della galassia abbia dieci pianeti. Ci sarebbero allora 1.350.000.000.000 di pianeti abitabili nella galassia.

Supponiamo inoltre che lo stesso fosse vero per tutte le galassie e che (secondo il calcolo di alcuni scienziati) ci siano cento miliardi di galassie. Questo significa che ci sarebbe in tutto 135.000.000.000.000.000.000 pianeti abitabili.

Continuando a far schioccare le dita e a trasferire esseri umani sino a quando tutti questi pianeti fossero popolati con la densità di Manhattan, la popolazione totale mondiale giungerebbe allora a 2.700.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000, ossia: 2,7 trilioni di trilioni di trilioni.

Ma quanto tempo sarà necessario per raggiungere questa cifra straordinaria? Parlando di miliardi di miliardi di miliardi di esseri umani può far pensare che ci vogliano milioni di anni per riuscire a riempire l'universo in questo modo assurdo e inverosimile. Se lo pensate veramente è perché non avete ancora compreso quanto è spaventoso il procedere della progressione geometrica.

Al ritmo attuale dell'aumento della popolazione ci vorranno solamente 4.200 anni per raggiungere una popolazione di 2,7 trilioni di trilioni di trilioni. Intorno all'anno 6170 avremo affollato tutti gli angoli abitabili dell'universo. Ogni stella di ogni galassia avrà ognuno dei suoi dieci pianeti coperto con una popolazione che raggiunge in ogni chilometro quadrato la stessa densità che si riscontra oggi a Manhattan nell'ora di punta.

E non è finito. Supponiamo che uno straordinario progresso scientifico ci permetta di trasformare l'universo in alimento e di cercare in tutto l'iperspazio l'energia necessaria. Quanto tempo credete che sarà necessario per trasformare tutto l'universo

conosciuto in sangue e carne umana? Il sole ha una massa di 4,4 milioni di trilioni di trilioni di libbre: se valutiamo a 110 libbre il peso medio di un corpo umano, troviamo che se il sole dovesse venire trasformato in esseri umani si otterrebbe una popolazione di 40.000 trilioni di trilioni.

Moltiplichiamo questa ultima cifra per 135 miliardi, per trasformare tutta la galassia in persone, moltiplichiamo ancora per 100, tanto per comprendere anche polvere e detriti che esistono nell'universo, oltre alle stelle e ai pianeti, e la massa totale dell'universo trasformata in persone darebbe una popolazione di 54.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000, ovvero: 54.000 trilioni di trilioni di trilioni di trilioni.

Quanto ci vorrà, tornando alla nostra progressione geometrica, per raggiungere questo risultato? Ormai credo proprio che non avrete più conservato molte speranze. Ci vorranno 6.700 anni; per cui, giunti all'anno 8700 del Signore, se continuiamo di questo passo avremo consumato tutto l'universo.

In altre parole, la scienza, qualunque sia il progresso che potrà raggiungere, non potrà sostenere a lungo l'onere di una tale esplosione demografica.

Naturalmente siamo assolutamente certi che non riusciremo a moltiplicarci secondo l'attuale tasso di incremento demografico sino a consumare l'intero universo, e neppure sino a sovraffollare la superficie di tutti i pianeti. Credo proprio che sarete d'accordo nel ritenere che l'ottimismo più illimitato ci potrà solo portare sino al superaffollamento della Terra con una densità media simile a quella di Manhattan nell'ora di punta.

Questo però significa che abbiamo come estremo limite di tempo per porre riparo a una tale situazione solo sino all'anno 2554: ci rimangono quindi poco più di cinque secoli e mezzo.

Qualunque misura o avvenimento che diminuisca il tasso di incremento demografico, o che lo abolisca addirittura, dandoci una popolazione mondiale relativamente stabile *deve* avvenire prima del 2554, e non dico "dovrebbe", o "sarebbe bene che", o "potrebbe", dico deliberatamente che *deve* avvenire.

Abbiamo tutto questo tempo? Cosa significa veramente un pianeta Terra affollato come Manhattan a mezzogiorno?

Si valuta che la massa totale di cose viventi sulla Terra sia di 20 trilioni di tonnellate, e che la massa totale di umanità sulla Terra sia di circa 200 milioni di tonnellate. L'umanità rappresenta l'1 per centomila della massa totale di vita sul nostro pianeta. Una proporzione già piuttosto alta per una sola specie.

Tutto il mondo vivente dipende (a eccezione di pochi batteri) dalla fotosintesi delle piante. Gli animali possono sopravvivere saccheggiando l'energia chimica (alimenti) prodotta dalle piante con l'aiuto dell'energia solare. Persino quegli animali che mangiano altri animali, vivono perché gli animali che servono loro da alimentazione a loro volta mangiano piante – o se anche a loro volta mangiano altri animali, questi ultimi si nutrono del mondo vegetale. Per quanto la catena possa allungarsi, essa termina, comunque, nel mondo vegetale.

Si pensa che la massa totale di un consumatore nella catena dell'alimentazione debba essere solo di un decimo rispetto alla massa totale di quello che viene assorbito, se i due debbono sopravvivere a un livello stabile. Questo significa che tutta la vita

animale sulla Terra ha una massa di 2 trilioni di tonnellate, e che la massa dell'umanità è l'1 per centomila.

Poiché la radiazione solare è fissa, ed è anche fissa l'efficienza del processo di fotosintesi, la nostra Terra può sopportare solo quel dato quantitativo di vita animale. Quando la popolazione umana aumenta in massa di una tonnellata, la massa di vita animale non umana deve diminuire per fare posto all'uomo.

Quanto tempo ci vorrà perché la razza umana aumenti sino a giungere a ridurre al minimo vitale la massa di vita animale? La risposta è: 624 anni.

In altre parole, quando la Terra sarà giunta a un sovraffollamento simile a quello di Manhattan, avremo dovuto uccidere tutta la vita animale sul nostro pianeta. Tutta la fauna sarà scomparsa: non ci saranno più pesci nel mare, uccelli in cielo, vermi nel suolo. E saranno scomparsi anche tutti i nostri animali domestici, dai cavalli alle galline, dai gatti ai cani, tutti sacrificati sull'altare della procreazione umana.

(Conservatori, pensateci, e ricordate sempre che se aumenta la popolazione umana, la vita animale deve diminuire, e né la nostra pietà, né l'intelligenza o le lagrime potranno nulla. Se volete battervi giustamente per la vostra idea, conservatori, lottate, lottate per il controllo delle nascite.)

Ma uccidere la vita animale non è che un aspetto del problema. Tutta la flora dovrà essere trasformata in piante per l'alimentazione, lasciando solo un margine minimo per le piante non commestibili. Quando il nostro pianeta sarà trasformato in una enorme Manhattan – tutto un pianeta ridotto ad un enorme edificio per uffici – l'unica forma vivente rimasta oltre all'essere umano, saranno quelle piccole cellule nei serbatoi di alghe che ricopriranno i tetti di questo edificio.

Teoricamente potremmo imparare a utilizzare l'energia solare e a convertirla in alimenti sintetici senza l'aiuto della flora naturale, ma pensiamo veramente di riuscire a farlo a livello sufficiente per alimentare una popolazione di 20 trilioni entro i prossimi cinque o sei secoli? Non lo credo.

E non si tratta solo di un problema alimentare. A che punto saranno, allora, le nostre risorse? Con una popolazione di 3 miliardi e mezzo, e l'attuale sviluppo tecnologico, stiamo sfruttando al limite il nostro suolo, giungendo all'esaurimento dei minerali, distruggendo il nostro patrimonio forestale, consumando carbone e petrolio con una rapidità spaventosa. Ricordatevi che con l'aumento della popolazione aumenta anche il livello tecnologico, e quindi aumenta ancora più rapidamente il consumo delle risorse. Si valuta che quando la popolazione degli Stati Uniti avrà raddoppiato, il consumo dell'energia sarà aumentato di sette volte.

E cosa dire a proposito della polluzione? Con una popolazione attuale di 3 miliardi e mezzo, e all'attuale livello di progresso tecnologico, stiamo avvelenando la terra, il mare, l'atmosfera in modo assai pericoloso. Cosa faremo tra un secolo, quando la popolazione avrà raggiunto i 14 miliardi e l'ammontare dei rifiuti della produzione sarà diventato 50 volte più abbondante?

Questi problemi non sono forse insolubili, se non li lasciamo crescere a dismisura, e anche allora, pure con grandi difficoltà, potrebbero comunque essere affrontati. Ma come poterli risolvere se ogni anno peggiora il rapporto risorse-consumo e produzione-rifiuti, come sta avvenendo attualmente?

E infine, cosa ne sarà della dignità umana?

Come pensare che potremo vivere dignitosamente quando affolleremo ogni casa, ogni strada, ogni pezzetto di terra? Quando mancherà lo spazio, quando scomparirà ogni possibilità di vita privata, nasceranno innumerevoli possibilità di attrito che sfoceranno inevitabilmente in irritazione e odio, e che andranno crescendo con l'aumento demografico.

Ripensando a tutto quanto è stato detto, non credo che si possa rischiare di permettere all'umanità di aumentare al tasso di incremento attuale neppure per una sola altra generazione. Dobbiamo assolutamente raggiungere un livello stabile di popolazione mondiale entro le prime decadi del 21° secolo.

E sono sicuro che in un modo o nell'altro lo faremo. Se non agiamo, se lasciamo che gli avvenimenti seguano il loro corso naturale, l'aumento della popolazione sarà bloccato da un inevitabile aumento della mortalità dovuto a guerre e a sommosse scatenate dalla disperazione, e dall'aumentare di violenti attriti tra gli esseri umani, dalle epidemie che l'affollamento e il decadimento tecnologico renderanno inevitabili, dalle carestie provocate dalla mancanza di urla sufficiente riserva di cibo.

La sola alternativa ragionevole è ridurre la natalità. Anche questa, naturalmente, diminuirà da sé quando il sovraffollamento e la fame renderanno meno efficiente la procreazione. Ma dobbiamo proprio aspettare di essere giunti ad una situazione così drammatica? Se continuiamo ad aspettare, prevedo che la carestia comincerà a colpire paesi come l'India e l'Indonesia intorno al 1980.

In poche parole brutali: nel prossimo futuro dell'uomo si delinea una gara tra l'aumento della mortalità e la diminuzione della natalità, e verso l'anno 2000, se, com'è auspicabile, la seconda alternativa non si sarà imposta all'umanità, sarà la morte a vincere.

Luminosi pignoli

The Figure of the Fastest, 1973

Traduzione di Giuseppe Scarpa

Urania n. 650 (4 agosto 1974)

Come potete immaginare, ricevo spesso schemi di bizzarre teorie elaborate da miei lettori. Per lo più esse trattano ampi concetti, come le leggi fondamentali che stanno alla base dello spazio e del tempo. Per lo più sono illeggibili (o al di sopra delle mie possibilità di comprensione, se preferite). Molte sono di giovanissimi, altre di ingegneri in pensione. E tutti sembrano convinti che io possieda la capacità di valutare i profondi e sottili concetti, combinata con l'immaginazione sufficiente a non venire scoraggiato da nulla.

Ma è un errore. Io non sono giudice delle grandi e nuove teorie. Tutto quello che posso fare, quindi, è rispedire il tutto al mittente, sostenendo a volte forti spese postali, e cercare di spiegare, umilmente, che io non posso essere di alcun aiuto.

Però, di tanto in tanto, ricevo qualche lettera divertente. Una di queste mi è arrivata qualche anno fa. Erano quattordici pagine di bollente diatriba contro Albert Einstein.

La si può riassumere in due punti.

- 1) Albert Einstein si è guadagnato la fama elaborando la grande e acuta teoria della relatività, teoria rubata a qualche povero scienziato misconosciuto.
- 2) Albert Einstein si era conquistato la fama inventando una teoria completamente assurda sulla relatività, che era stata introdotta nel mondo da una congiura di fisici.

Il mio corrispondente discuteva alternativamente queste due tesi con identica veemenza, senza rendersi conto della loro incompatibilità. Va da sé che non gli risposi.

Ma perché taluni reagiscono con tanta violenza contro la teoria della relatività? La maggior parte di coloro che obiettano (di solito con molta più razionalità di quel mio corrispondente, per fortuna) sanno ben poco della teoria. Sanno unicamente, come quasi tutti quelli che non sono fisici, che secondo questa teoria niente può andare più veloce della luce.

E questo li irrita.

Non voglio entrare nel merito del perché gli scienziati credono che nessuna massa in movimento possa procedere più veloce della luce. Intendo solo parlare di questo limite di velocità e di come è stato determinato. Ho già trattato questo argomento nel 1972, in un articolo dedicato ad Olaus Roemer, un astronomo danese che fu il primo a fare calcoli sulla velocità della luce, attraverso lo studio delle eclissi dei satelliti di Giove.

In quell'articolo ho commesso un errore. Ho scritto infatti che Roemer aveva fissato in 16 minuti il tempo impiegato dalla luce per attraversare la massima ampiezza

dell'orbita della Terra intorno al Sole. Per la verità la cifra data dall'astronomo nel 1676, quando aveva annunciato i risultati del suo lavoro, era stata di 22 minuti. A quel tempo l'ampiezza massima dell'orbita terrestre era di circa 174.000.000 di miglia, perciò i risultati di Roemer implicavano una velocità della luce di 132.000 miglia al secondo (cioè oltre 210.000 chilometri).

La velocità reale è di circa un 30 per cento più alta, però, considerato il periodo in cui venne stabilita quella cifra, il risultato è rispettabile. A quanto si sa oggi, la velocità della luce è infatti tra le 100.000 e le 200.000 miglia al secondo (cioè da 160 mila a 320.000 chilometri).

La successiva misurazione della velocità della luce è stata fatta, quasi per caso, mezzo secolo più tardi.

L'astronomo inglese James Bradley stava cercando di scoprire il parallasse (lievi cambiamenti di posizione) delle stelle più vicine rispetto a quelle più lontane. Questi spostamenti sarebbero risultati dal cambiamento di posizione della Terra nel suo movimento intorno al Sole.

Idealmente, nel corso di un anno ogni stella si muove in una ellisse. La grandezza e la forma di questa ellisse dipendono dalla distanza della stella dal Sole e dalla sua posizione rispetto al piano dell'orbita terrestre. Più lontana la stella, più piccola l'ellisse. E per tutte, tranne che per le stelle più vicine, l'ellisse sarebbe troppo piccola da misurare. Le stelle lontane possono venire quindi considerate immobili, e lo spostamento delle stelle vicine rispetto alla posizione delle più lontane era il parallasse che Bradley stava cercando.

Bradley stabilì lo spostamento delle stelle, ma il risultato non fu quello che avrebbe dovuto essere se ne fosse stato responsabile il movimento della Terra intorno al Sole. Gli spostamenti non erano quindi causati dal parallasse, ma da qualcos'altro. Nel 1728, durante una gita in vela sul Tamigi, lo scienziato notò che la bandiera in cima all'albero cambiava direzione anche secondo il movimento relativo della barca e non soltanto secondo la direzione del vento.

Questo gli diede da pensare. Supponiamo di essere sotto la pioggia, con le gocce che cadono verticalmente perché non c'è vento. Se si ha un ombrello, e lo si tiene direttamente sopra la testa, si resta asciutti. Camminando, tuttavia, sempre tenendo l'ombrello sopra la testa, si va a urtare contro quelle gocce che hanno appena superato il riparo. E se si vuole rimanere asciutti anche camminando bisogna angolare leggermente l'ombrello nella direzione in cui si avanza.

Più velocemente si procede, o più lentamente cada la pioggia, più bisogna angolare l'ombrello per evitare l'incontro con le gocce. L'angolo esatto di cui bisogna piegare l'ombrello dipende dal rapporto tra le due velocità, quella delle gocce e quella di chi cammina.

La situazione è simile anche in astronomia. La luce cade sulla Terra da una data stella secondo una data inclinazione e una data velocità. Nel frattempo la Terra si muove attorno al Sole a un'altra velocità. Il telescopio, come l'ombrello, non deve essere puntato direttamente verso la stella. Per captare la luce deve essere inclinato leggermente nella direzione in cui si muove la Terra. Dato che la luce si muove molto più velocemente di quanto non si muova la Terra sua orbita, il rapporto di velocità è

alto e il telescopio deve essere inclinato solo di pochissimo.

L'inclinazione può essere misurata e, da questa, si può calcolare il rapporto tra la velocità, della luce e quella della Terra nella sua orbita. Dato che la velocità orbitale della Terra era già conosciuta con una certa precisione, fu possibile a Bradley calcolare la velocità della luce. Lo scienziato calcolò che la velocità era tale da permettere alla luce di attraversare l'intera orbita terrestre in 16 minuti e 26 secondi.

Siccome l'ampiezza dell'orbita terrestre era di 174.000.000 miglia, significava che la luce doveva viaggiare a una velocità di circa 176.000 miglia al secondo (280.000 chilometri). Questo secondo tentativo di stabilire la velocità della luce diede quindi una cifra più alta di quella calcolata da Roemer e considerevolmente più vicina alla cifra accettata oggi. Però era ancora di un 5 per cento inesatta per difetto.

I metodi di Roemer e di Bradley erano basati sull'osservazione astronomica e avevano lo svantaggio di dipendere dalla conoscenza esatta della distanza della Terra dal Sole. Questo dato non fu preciso nemmeno durante il diciannovesimo secolo. (Se ai tempi di Bradley si fosse conosciuta, come oggi, l'esatta ampiezza dell'orbita terrestre, il suo errore sulla velocità della luce sarebbe stato contenuto entro l'1,6 per cento).

Bisognava trovare un sistema per misurare la velocità della luce con esperimenti che non si basassero su calcoli d'astronomia.

Nel 1849 un fisico francese, Armand Hippolyte Louis Fizeau, escogitò questo sistema. Sistemò una sorgente luminosa in cima ad una collina e uno specchio in cima a un'altra collina a cinque miglia di distanza. Il raggio che partiva dalla sorgente luminosa arrivava allo specchio e tornava indietro percorrendo in totale dieci miglia. Fizeau doveva calcolare l'intervallo di tempo. Dato che questo intervallo sarebbe stato inferiore ad 1/10.000 di secondo, Fizeau non poteva certo usare un cronometro.

Si servì invece di una ruota dentata messa davanti alla sorgente luminosa. Tenendola ferma, il raggio di luce passava tra due denti, raggiungeva lo specchio, e veniva riflesso indietro tra i due denti.

Dunque, supponiamo di far ruotare il disco. La luce si muove tanto rapidamente che può raggiungere lo specchio e tornare indietro prima che i due denti si siano spostati. Aumentiamo la velocità della ruota. Ad un certo punto il raggio di luce raggiunge lo specchio e torna indietro ma al posto dello spazio libero trova un dente. Così la luce riflessa non può più venire osservata. Facciamo girare la ruota ancora più rapidamente. Il raggio di luce passa tra due denti, torna indietro, e passa attraverso la scanalatura successiva. La luce riflessa può essere vista di nuovo.

Se si conosce la velocità della ruota si può calcolare la frazione di secondo che impiega un dente a mettersi nel raggio della luce riflessa e quanto impiega ad uscirne. A questo punto si può stabilire quanto impiega il raggio di luce a coprire dieci miglia.

Fizeau stabilì che la luce viaggiava a circa 195.000 miglia al secondo (312.000 chilometri). Come Bradley sbagliò di un 5 per cento, ma questa volta per eccesso.

Ad aiutare Fizeau negli esperimenti c'era un altro fisico francese: Jean Bernard Leon Foucault. Foucault si decise alla fine a calcolare per conto suo la velocità della luce con un sistema leggermente diverso.

Nel sistema di Foucault la luce partiva sempre per raggiungere uno specchio e tornare indietro. Però, al ritorno il raggio cadeva su un secondo specchio che lo rifletteva a sua volta su uno schermo.

Supponiamo ora che il secondo specchio sia girevole. Quando il raggio ritorna colpisce il secondo specchio dopo che questo ha cambiato leggermente di posizione, e il raggio viene riflesso sullo schermo in un punto leggermente diverso da quello che si avrebbe con uno specchio immobile.

Conoscendo la velocità a cui girava il secondo specchio, Foucault riuscì a calcolare la velocità della luce.

Il miglior calcolo di Foucault, fatto nel 1862, ebbe come risultato 185.000 miglia al secondo (296.000 chilometri). Fu quasi il calcolo più accurato mai fatto, inferiore alla realtà solo dello 0,7 per cento.

Per le sue misurazioni, Foucault non usò grandi distanze, non si servì di cime di colline, ma trasportò la sua attrezzatura in un laboratorio, con un raggio di luce che percorreva una distanza di appena venti metri.

L'uso di distanze così brevi portò a qualcos'altro. Se la luce deve percorrere dieci miglia si può solo farla viaggiare attraverso l'aria. Un liquido o un solido possono essere trasparenti per brevi distanze, ma non certo per dieci miglia. Su una distanza di venti metri è invece possibile far viaggiare un raggio di luce attraverso l'acqua, o qualsiasi altro materiale trasparente.

Foucault provò a far passare la luce attraverso l'acqua, e scoprì che con il suo sistema la velocità risultava considerevolmente inferiore: tre quarti di quella che aveva nell'aria. Risultò infatti che la velocità della luce dipendeva dall'indice di rifrazione del materiale attraverso cui viaggiava. Più alto era l'indice di rifrazione, più bassa era la velocità della luce.

Ma l'aria stessa ha un indice di rifrazione, anche se basso. Quindi la velocità della luce doveva essere leggermente più alta del risultato ottenuto. Per ottenere la velocità pura bisognava misurare la luce nel vuoto.

I metodi astronomici usati da Roemer e Bradley implicavano il passaggio della luce attraverso il vuoto dello spazio interstellare e interplanetario. La luce, in quei casi, passava anche attraverso tutto lo spessore dell'atmosfera, ma questo spessore era insignificante se paragonato ai milioni di miglia di vuoto attraverso cui la luce aveva viaggiato. Tuttavia i metodi astronomici del 18° e 19° secolo contenevano errori che annullavano il piccolo vantaggio di usare il vuoto al posto dell'aria.

Altro importante scienziato che studiò la velocità della luce fu il fisico tedesco-americano Albert Abraham Michelson. Cominciò a lavorarci nel 1878 secondo il metodo di Foucault migliorato però considerevolmente. Michelson si servì cioè di uno spostamento dello specchio riflettente di circa tredici centimetri, e nel 1879 stabilì che la velocità della luce doveva essere di 186.355 miglia al secondo (298.168 chilometri).

Questo valore è solo dello 0,04 per cento superiore alla cifra ritenuta esatta, e fu il più preciso ottenuto fino a quel momento.

Michelson continuò a lavorare al problema, usando diversi mezzi per migliorare le misurazioni, soprattutto dopo che nel 1905 la teoria della relatività di Einstein fece apparire la velocità della luce come una fondamentale costante dell'universo.

Nel 1923 Michelson scelse due cime di monti della California, che non distavano cinque miglia come quelle di Fizeau, ma ventidue. Calcolò la distanza tra le due cime fino a quando non l'ebbe stabilita al centimetro esatto, usò speciali specchi girevoli a otto facce, e nel 1927 annunciò che la velocità della luce era di circa 186.295 miglia al secondo (298.072 chilometri). Ancora troppo alta, ma solo dello 0,007 per cento.

Tuttavia Michelson non era ancora soddisfatto: voleva la velocità della luce nel vuoto. Perché la luce, e nient'altro, era la costante fondamentale dell'universo.

Prese quindi un lungo tubo, ne controllò accuratamente la lunghezza, e lo vuotò dell'aria. Nel tubo collocò un congegno che mandava la luce avanti e indietro sino a farle percorrere dieci miglia di vuoto. Fece esperimenti su esperimenti e nel 1933 (due anni dopo la sua morte) venne annunciato il risultato.

La cifra finale era di 186.271 miglia al secondo (298.033 chilometri). Un altro piccolo passo avanti: solo lo 0,006 per cento in meno.

Nei quattro decenni dopo il calcolo finale di Michelson i fisici studiarono nuove tecniche e strumenti che potevano essere usati per determinare la velocità della luce.

Per esempio, fu possibile, per mezzo del laser, produrre una luce di un'unica lunghezza d'onda, e misurare questa lunghezza d'onda con estrema precisione. Fu anche possibile determinare la frequenza della lunghezza d'onda (il numero al secondo) con altrettanta precisione.

Se si moltiplica la lunghezza di una lunghezza d'onda per il numero della lunghezza d'onda secondo, il risultato equivale alla distanza coperta dalla luce in un secondo: cioè, la velocità della luce.

I calcoli vennero fatti e rifatti con precisione sempre maggiore, e nell'ottobre del 1972; dopo una accuratissima serie di misurazioni fatte con una catena di raggi laser da un gruppo di scienziati diretti da Kenneth M. Everson a Boulder, nel Colorado, venne diffuso il nuovo risultato: 186.282,3959 miglia al secondo.

La precisione della misura sta entro una yarde, perciò, dato che in un miglio ci sono 1.760 yarde, si può dire che la velocità della luce sta tra 327.857.015 e 327.857.017 yarde al secondo.

Ho dato le misurazioni nelle unità di miglia e yarde per me abituali, facendo, finora, alcuni calcoli approssimativi in chilometri. Nonostante tutta la mia pratica scientifica mi riesce sempre difficile trasporre immediatamente le misurazioni nel sistema metrico. Dipende dalla stupida istruzione che ricevono i bambini americani, ma questo è un altro discorso.

Tuttavia, se non posso pensare istintivamente in termini di sistema metrico, lo posso però fare matematicamente, se mi ci metto. Ora siccome il modo corretto di dare la velocità della luce non è in miglia o in yarde al secondo, ma in chilometri o in metri al secondo, usando il linguaggio preciso, e ratti i debiti calcoli, la velocità della luce risulta di 299.792,4562 chilometri al secondo. Se la si moltiplica per 1.000 (la bellezza del sistema metrico sta nel fatto che moltiplicazioni e divisioni diventano semplicissime) risulta che è di 299.792.456,2 metri al secondo. Metro più, metro meno.

Esistono alcune misurazioni che è possibile fare con la stessa accuratezza del valore

della velocità della luce. Una è la lunghezza dell'anno, che conosciamo con precisione ancora maggiore.

Dato che i secondi in un anno sono 31.556.925.974, possiamo calcolare che la lunghezza di un anno luce (la distanza che la luce percorre in un anno) è di 5.878.499.776.000 miglia, o meglio 9.460.563.614.000 chilometri. (È inutile tentare di scoprire cosa siano gli 000 finali. Anche oggi la velocità della luce non è conosciuta in maniera tanto perfetta da poter stabilire un anno luce con maggiore approssimazione di qualche migliaio di miglia.)

Queste cifre non sono arrotondate ed è estremamente difficile ricordarsele a memoria. Peccato, perché la velocità della luce è una quantità fondamentale, ma c'era da aspettarselo. Le diverse unità, miglia, chilometri e secondi, sono state determinate per ragioni che non hanno niente a che fare con la velocità della luce, e quindi è molto improbabile che la velocità risulti un giorno assolutamente esatta. Se ci si arriverà sarà soltanto per una fortunata coincidenza.

In miglia al secondo il valore comunemente dato alla velocità della luce, diciamo in un racconto, è di 186.000 miglia al secondo, che è solo dello 0,15 per cento inferiore al reale. Abbastanza soddisfacente, però dobbiamo ricordare una cifra di tre numeri: uno, otto, sei.

In chilometri al secondo la situazione è migliore perché se diciamo che la velocità della luce è di 300.000 chilometri al secondo, siamo al di sotto del vero (vero relativo) soltanto dello 0,07 per cento. L'approssimazione è due volte maggiore che non nel caso di miglia-per-secondo, e bisogna ricordarsi soltanto una cifra, il 3. (Naturalmente dobbiamo anche ricordare l'ordine di grandezza, cioè che la velocità è data in centinaia di migliaia di chilometri al secondo, e non in decine di migliaia, o in milioni.)

La bellezza del sistema metrico decimale si evidenzia di nuovo. Il fatto che la velocità della luce sia di circa 300.000 chilometri al secondo significa che è di circa 300.000.000 metri al secondo, e di circa 30.000.000.000 centimetri al secondo, e che tutte e tre le cifre hanno la stessa approssimazione all'esattezza.

Il fatto che, la velocità della luce, nel sistema metrico decimale, sia così vicina a un numero intero è soltanto una coincidenza.

Una delle misure più pratiche che gli uomini hanno usato è la distanza dal naso alla punta delle dita di un braccio disteso orizzontalmente. È abbastanza facile immaginare i commercianti del passato vendere stoffa, o corda, misurandola in questo modo. Di conseguenza quasi tutte le culture hanno una unità comune di questa lunghezza. Nella cultura anglo-americana è la yard.

Quando nel 1790 il Comitato Rivoluzionario Francese volle preparare un nuovo sistema di misura, pensò anzitutto a un'unità fondamentale, e fu logico che ne scegliesse una molto vicina al vecchio sistema naso-punta delle dita. Comunque, per non farla troppo antropocentrica, pensarono di legarla a una misurazione astronomica.

Nei decenni precedenti i francesi avevano finanziato spedizioni scientifiche per calcolare le esatte misure della curvatura della Terra allo scopo di controllare se era veramente schiacciata ai poli come aveva sostenuto Isaac Newton. Queste spedizioni avevano portato gli scienziati francesi ad una conoscenza molto esatta delle dimensioni e della forma della Terra.

Avevano provato che la Terra era veramente un poco schiacciata ai Poli, per cui la circonferenza che passava attraverso i due poli era leggermente inferiore a quella che correva intorno all'equatore. Parve molto aggiornato legare l'unità fondamentale di misura a una di queste circonferenze. Venne scelta quella polare perché la si poteva far passare da Parigi. La circonferenza equatoriale (la sola e unica) non poteva certamente passare attraverso la loro città.

Secondo le misurazioni dell'epoca, la circonferenza polare era di circa 44.000.000 yarde, e il quadrante della circonferenza dall'Equatore al Polo Nord, passando attraverso Parigi, era di circa 11.000.000 yarde. Venne deciso di stabilire che la lunghezza del quadrante era 10.000.000 di volte l'unità fondamentale, e per contro di definire la nuova unità come $1/10.000.000$ del quadrante, e si convenne di chiamarla "metro".

Questa definizione del metro fu romantica ma non rigorosamente scientifica, perché implicava una conoscenza esatta della circonferenza polare, conoscenza che non c'era. Nel fare più esatte misurazioni della Terra si scoprì che quel quadrante era leggermente più lungo di quanto fosse stato calcolato. Non fu più possibile cambiare la lunghezza del metro, perché ormai troppe misurazioni si erano fatte con quel sistema. Comunque adesso sappiamo che il quadrante non è 10.000.000 metri, come stabilito dalla logica, francese, ma 10.002.288,3 metri.

Ora, naturalmente, il metro non è più legato alle misure della Terra. Adesso definisce la distanza tra due segni su una sbarra di platino-iridio mantenuta a costante temperatura sotto una campana di vetro, e anche le lunghezze d'onda di un particolare raggio di luce: il raggio rosso-arancio emesso dal nobile gas isotopo, il krypton 86, per essere esatti.

Per coincidenza si ha che:

1) La velocità della luce è circa 648.000 volte superiore alla velocità del globo terrestre all'equatore mentre il nostro pianeta ruota sul suo asse. Questa è solo una coincidenza, perché la Terra potrebbe ruotare a qualsiasi velocità. Infatti in passato la rotazione era considerevolmente più veloce, e in futuro sarà considerevolmente più lenta.

2) Una singola rotazione della Terra stabilisce un giorno, e le nostre piccole unità di tempo sono basate sull'esatta divisione del giorno. Grazie ai babilonesi e ai loro predecessori, per dividere il giorno in più piccole unità usiamo i fattori 24 e 60, e per coincidenza 24 e 60 sono anche fattori di 648.000. Come risultato delle coincidenze 1 e 2, qualsiasi cosa che si muova alla velocità della luce può compiere il giro completo dell'equatore terrestre quasi esattamente 450 volte al minuto, o quasi esattamente 7,5 volte al secondo... che sono numeri semplici.

3) Dal momento che per una terza coincidenza gli scienziati francesi hanno deciso di legare il metro alla circonferenza della Terra e renderlo una frazione di questa circonferenza, il risultato è un inevitabile numero pieno per la velocità della luce nel sistema metrico. Ci sono 40.000.000 metri (circa) di circonferenza terrestre, e se si moltiplica questa cifra per 7,5 si ottengono 300.000.000 metri al secondo.

Per una particella in più

As easy as two plus three, 1974

Traduzione di Rossella Sanità

Urania n. 699 (20 giugno 1976)

Anni fa ero solito dire di me, con tutta la modestia che riuscivo a trovare, e non sono mai riuscito a trovarne molta, che ero una “celebrità minore”. Con questo intendevo che forse una persona su mille mi considerava un uomo grande e famoso, e che le altre novecento e novantanove non avevano mai sentito parlare di me.

Ed era una giusta proporzione. Comunque ho sempre fatto in modo da incontrare questo uno su mille molto più spesso di quanto il semplice caso avrebbe voluto (andando ai convegni sulla fantascienza, per esempio), e mi sono goduto il calore delle adulazioni di questo lui (o, preferibilmente per me, di questa lei). A parte questo, riesco a conservare l’anonimato e a difendere la mia vita privata grazie agli altri novecento e novantanove. Significa che non mi devo preoccupare se sono spettinato come in effetti è di solito. So che nessuno darà una gomitata al vicino per dire: «Guarda quell’uomo grande e famoso che va in giro così tutto spettinato».

Ma adesso la faccenda delle celebrità minori mi è sfuggita di mano. Tempo fa, non vi dirò quando, ho ricevuto per posta la rivista *Family Weekly* e lì, nella colonna intitolata “Cosa succede nel mondo!”, erano riportati, tra l’altro, i nomi delle persone note che compivano gli anni.

Risultava che Sandy Koufax e che Bert Parks compivano rispettivamente 38 e 59 anni il 3 dicembre, domenica, e che Barry Goldwater ne compiva 65, Xaviet Cugat 74, e Dana Andrews 62 il 1° gennaio, martedì. Poi, con sorpresa mista a orrore, trovai segnato al mercoledì 2 gennaio il nome di un vostro e mio amico: Isaac Asimov. E peggio, era segnata la mia età. Peggio ancora, era riportata esatta. Inevitabilmente ho ricevuto una valanga di lettere di persone che mi facevano gli auguri per il mio xxxxx-xxxx compleanno¹.

Con cose del genere che appaiono sulla stampa, come posso essere convincente quando dico alle belle signore che frequentano i congressi di fantascienza che ho passato da poco la trentina?

È un sollievo, quindi, tornare ad argomenti meno seri, come quello della scarsità dell’energia, grave minaccia per la civiltà.

Proviamo a supporre che il petrolio stia per finire e a prevedere che i pozzi petroliferi risulteranno tutti prosciugati entro la fine del secolo.

¹ Koufax, sportivo, è nato nel 1935; Parks, attore-cantante, nel 1914; Goldwater, politico, nel 1909; Cugat, musicista, nel 1900; Andrews, attore, nel 1909: tutti hanno compiuto l’età indicata a cavallo del 1974 (la rivista citata dall’autore andava dal dicembre dell’anno prima al gennaio dell’anno in corso), cioè la data di pubblicazione del presente saggio. L’unica “stonatura” è Dana Andrews, che alla data indicata compiva 65 anni e non 62! Comunque, alla fine, il compleanno di Asimov, nato nel 1920, era quindi il 54°. (N.d.R.)

Si può tornare al carbone, di cui nella terra c'è ancora una riserva per parecchi secoli. Ma estrarre il carbone a un ritmo sempre crescente comporterebbe gravi danneggiamenti all'ambiente, inoltre per il lavoro pericoloso e sgradito di scavare carbone sarebbe necessario l'impiego di una infinità d'uomini. Senza contare il trasporto di quantità di carbone senza precedenti su reti ferroviarie lasciate andare in rovina dalla nostra trascuratezza, a meno, di non studiare imponenti e costosi sistemi per trasformare sul posto il carbone in carburante liquido o gassoso. Sarebbe più o meno come tentare di spremere olio dalla creta.

E il carbone sarebbe un sostituto temporaneo, nell'attesa che la scienza e la tecnologia studino come sfruttare fonti d'energia quali il vento, le maree, le acque correnti, il calore geotermico, e la luce solare.

Secondo me, però, la migliore e più adattabile fonte di energia del futuro è quella nucleare.

Possediamo già una fonte d'energia nucleare funzionante. Da circa venticinque anni l'uomo frantuma nuclei di uranio ("fissione nucleare") e ha ottenuto, come risultato, un'energia utile. Oggi, un "reattore generatore" in grado di produrre più carburante da fissione di quanto ne consumi, funziona già nell'Unione Sovietica.

Altre nazioni, inclusi gli Stati Uniti, hanno in programma reattori-generatori, e con queste apparecchiature l'intera riserva terrestre dei due metalli pesanti, uranio e torio, può essere usata come fonte di energia.

L'energia ottenuta per fissione grazie ai reattori-generatori può bastare per 100.000 anni.

Detto così sembra un bene. Tanto materiale a portata di mano... ma c'è un impedimento. Anche se la fissione nucleare non provoca il tipo di inquinamento atmosferico provocato dal carbone e dalla benzina, i frammenti degli atomi pesanti sottoposti a fissione sono radioattivi.

Questa radioattività è molto più pericolosa dell'inquinamento provocato da un'identica quantità di normali prodotti chimici, e non si deve permettere che penetri il nostro ambiente di vita quindi i residui devono essere tenuti lontani da noi fino a che la radioattività non sia scomparsa, cosa che può avvenire dopo secoli. Qualsiasi affidamento sull'energia derivata dalla fissione nucleare è legata perciò a un sistema sicuro e costante di distruzione dei materiali pericolosamente radioattivi derivati appunto dalla fissione e che si accumuleranno in quantità via via maggiori.

Tra l'altro, esiste sempre la possibilità che la reazione possa sfuggire al controllo, esplodere, e spandere la radioattività su un'ampia regione. Fino a questo momento incidenti veramente gravi non si sono verificati, però è impossibile garantire che non ne succederanno mai. Da qui l'ostilità di parte del mondo all'ulteriore sviluppo dell'energia da fissione nucleare.

E allora? Energia da fusione. È il nucleo atomico di media dimensione che possiede l'energia minima. Spaccare i grandi nuclei e renderli quasi di media grandezza (fissione) è un modo di ottenere energia. Un altro è quello di partire dall'estremità opposta dall'elenco degli atomi e combinare nuclei piccolissimi fino a portarli alle dimensioni dei nuclei di media grandezza.

Il processo di forzare i piccoli nuclei atomici per fonderli in altri più grandi si chiama "fusione nucleare". In natura l'esempio meglio conosciuto di questo processo

è quello che riguarda i nuclei degli atomi di idrogeno (i più piccoli, secondo le nostre conoscenze) costretti alla fusione nel centro delle stelle dove producono nuclei di atomi di elio (secondi nella scala dopo quelli di idrogeno) e producono inoltre la grande quantità di energia che le stelle, compreso il nostro Sole, emanano nello spazio.

La fusione nucleare offre una quantità di energia anche più grande di quella della fissione nucleare. Un chilogrammo di idrogeno che subisca la fusione trasformandosi in elio produce un'energia superiore almeno quattro volte a quella di un chilo di uranio sottoposto a fissione. Inoltre, l'idrogeno è una sostanza molto più comune dell'uranio, quindi il totale di energia da fusione potenzialmente reperibile è di gran lunga superiore al totale di energia da fissione.

In tutto l'Universo l'idrogeno è la sostanza più comune. I nove decimi di tutti gli atomi dell'Universo, l'hanno calcolato gli astronomi, sono di idrogeno. Non sorprende quindi che sia la fusione di idrogeno a dare energia alle stelle. Infatti è l'unica che possa farlo. Nessun altro elemento esiste in quantità tale da servire come carburante su così ampia scala. Nel nostro Sole subiscono la fusione 600 milioni di tonnellate di idrogeno al secondo. È l'idrogeno che ha garantito la grande produzione di energia al sole in ogni attimo della sua esistenza di stella nei passati cinque miliardi e più d'anni. Inoltre, il Sole è così grande e il suo contenuto di idrogeno così abbondante - da bastare per mantenerlo acceso altri miliardi di anni.

La fusione dell'idrogeno è molto più difficile da ottenere di quanto non lo sia la fissione dell'uranio. Per il nucleo dell'uranio basta un neutrone leggermente energetico, e il gioco è fatto. I nuclei dell'idrogeno, per fondersi, devono urtare l'uno contro l'altro con forza enorme. Vale a dire che l'idrogeno deve essere scaldato a temperature enormi. Per di più anche nelle vicinanze devono esistere grandi quantità di nuclei di idrogeno, perché ci sia la certezza che si colpiscono l'un l'altro mentre ruotano. Vale a dire che l'idrogeno deve anche essere presente a densità enorme.

Le due condizioni indispensabili, alta temperatura e alta densità, sono molto difficili da ottenersi contemporaneamente. Come la temperatura sale, l'idrogeno tende a espandersi, e così la sua densità diminuisce immensamente. Molto prima che la temperatura abbia raggiunto il livello necessario per avere una qualche speranza di fusione calcolata alla densità originale, l'idrogeno (in condizioni normali) si è talmente rarefatto che non ci sono più possibilità di fusione a qualsiasi temperatura.

Significa che l'idrogeno, mentre viene scaldato deve essere, per così dire, imprigionato entro un certo spazio. Il sistema migliore è quello di usare un campo gravitazionale di enorme forza. È esattamente quanto succede sul Sole. Il Sole possiede una potente gravità compressa nel suo centro, dove l'idrogeno è centinaia di volte più denso di quanto non lo sia sulla Terra, e questa gravità mantiene l'idrogeno denso anche se la temperatura al centro del Sole raggiunge i 15.000.000 di gradi.

Non è possibile duplicare sulla Terra questo tipo di imprigionamento o "confinamento gravitazionale". Una forza gravitazionale pari a quella solare non può assolutamente venire creata in laboratorio.

Inoltre è impossibile lavorare con l'idrogeno alle densità simili a quelle che esistono al centro del Sole. Bisogna lavorare con idrogeno a densità molto inferiori, e compensare questa carenza raggiungendo temperature anche più alte di quelle esistenti

al centro del Sole. Ma così, mentre tentiamo di raggiungere queste temperature, niente impedisce all'idrogeno di espandersi rarefacendosi e di conseguenza diventando inutile.

Esiste qualche modo per scaldare l'idrogeno tanto rapidamente da portare gli atomi alla temperatura necessaria per la fusione prima che abbiano avuto il tempo di espandersi? Per il principio dell'inerzia, il tempo necessario all'idrogeno per espandersi è superiore a zero, quindi il processo per cui gli atomi restano dove sono per il semplice fatto che non hanno avuto il tempo di espandersi viene chiamato "confinamento inerziale".

Negli anni Cinquanta, l'unico modo di produrre calore tanto rapidamente da portare l'idrogeno alla temperatura necessaria per l'accensione, prima che si potesse espandere, fu quello di usare una bomba a fissione d'uranio. Fatto questo, la fissione d'accensione scatenò la reazione di fusione dell'idrogeno, e provocò un'esplosione di proporzioni, molto più vaste. Il risultato è la cosiddetta "bomba all'idrogeno" o "bomba H", che è anche chiamata, in maniera più appropriata, "bomba a fusione".

La prima bomba a fusione fu fatta esplodere nel 1952, ma per quanto dimostrasse che sulla Terra era possibile la fusione nucleare, la dimostrazione fu quella di una fusione incontrollata, e invece quello che ci serve per scopi pacifici è una fusione controllata.

Possiamo trovare un sistema per confinare l'idrogeno mentre lo si scalda lentamente, un sistema di confinamento diverso da quello gravitazionale, un sistema che si possa attuare in laboratorio? Oppure, possiamo sfruttare il confinamento inerziale scaldando l'idrogeno rapidissimamente con mezzi diversi da quello della bomba H?

Il confinamento gravitazionale può essere sostituito dal confinamento magnetico. Un campo magnetico è smisuratamente più forte di quello gravitazionale e può essere facilmente usato in laboratorio. Lo svantaggio è che mentre il campo gravitazionale agisce su tutta la materia, il campo magnetico agisce soltanto sulla materia caricata elettricamente, ma questo è un problema facilmente risolvibile. Molto prima che si raggiunga la temperatura di fusione, tutti gli atomi neutri vengono spaccati in frammenti carichi di elettricità ("plasma").

Le particelle di plasma caricate elettricamente sono influenzate dal campo magnetico. Un campo di specie e forma adatta causa il movimento delle particelle di plasma in una certa direzione che le mantiene entro i confini del campo. Le particelle di plasma restano quindi confinate entro la forma incorporata del campo. (Naturalmente nessun oggetto materiale può confinare il plasma super-caldo perché, nel contatto plasma-materia, o il plasma si raffredderebbe, o la materia si vaporizzerebbe.)

La difficoltà con il campo magnetico è questa: i campi magnetici creati per confinare il plasma sono instabili. Dopo una frazione di secondo possono avere una perdita o cambiare la forma, e in entrambi i casi indebolirsi al punto che il plasma si espande e scompare.

Per un quarto di secolo gli scienziati nucleari, sia negli Stati Uniti sia nell'Unione Sovietica, hanno cercato di trovare un sistema per creare un campo magnetico di una forma che rimanga stabile il tempo sufficiente da permettere al campione di plasma

sufficientemente denso per la fusione di diventare sufficientemente caldo per questa fusione.

Supponiamo, per esempio, che la corrente elettrica venga fatta passare attraverso il plasma contenuto in un cilindro di vetro. In questo caso la corrente forma un campo magnetico che si dispone intorno al plasma come una serie di cerchi. Questi cerchi tendono a produrre un “effetto premente” che spinge il plasma verso l’interno per evitare un qualsiasi contatto fatale con il vetro. Dentro il campo magnetico il plasma può venire scaldato, ma se il campo si alterasse, o cedesse, il plasma uscirebbe, toccherebbe il vetro, si raffredderebbe all’istante, e si dovrebbe ricominciare da capo.

Naturalmente non vorremmo che il plasma sfuggisse dalle estremità del cilindro. Un modo per evitarlo è quello di costruire campi magnetici particolarmente forti alle due estremità, campi che respingerebbero le particelle che li raggiungessero e le rimanderebbero indietro. Questo dispositivo è detto “specchio magnetico”.

Un altro sistema sperimentato è quello di introdurre il plasma in contenitori a forma di ciambella così che il plasma continui a girare e girare e non ci siano estremità che permettano la fuga. Sfortunatamente un campo magnetico designato a rinchiudere il plasma a forma di ciambella di plasma sarebbe particolarmente instabile e non durerebbe più di una frazione di secondo.

Per aumentarne la stabilità il contenitore a ciambella venne in un primo momento piegato a forma di otto. Questo rese possibile la produzione di un campo magnetico più stabile. Lo strumento venne chiamato “stellarator”, termine di origine latina. Si sperava di duplicare, al suo interno, la fusionereazione che avviene nelle stelle. Poi si scoprì che in fondo era preferibile la normale ciambella. Bastava formare due campi magnetici, disponendo il secondo in modo che stabilizzasse il primo. I fisici sovietici modificarono il modo di stabilire il secondo campo, e ne migliorarono la sua efficienza con un apparecchio che chiamarono “Tokamak”, abbreviazione di una complicata frase russa². Dopo che i sovietici annunciarono nel 1968 i primi successi con il Tokamak, i fisici americani modificarono prontamente alcuni stellarator incorporandovi il principio del Tokamak.

Sembrò che il Tokamak fosse sufficiente a ottenere la fusione, se non si chiedeva troppo. Vediamo come si può arrivare a questo minimo.

È l’idrogeno che i fisici cercano di fondere, ma esistano tre varietà di atomi di idrogeno. Uno ha, come il suo nucleo, un singolo protone e nient’altro, ed è l’idrogeno 1. Un altro ha un nucleo di due particelle, un protone e un neutrone, così è l’idrogeno 2 o deuterio. Il terzo ha un nucleo di tre particelle, un protone e due neutroni, così è l’idrogeno 3, o tritio.

Tutte e tre le varietà di idrogeno si fondono in atomi di elio. Tuttavia l’idrogeno 2 si fonde più facilmente e a temperatura minore dell’idrogeno 1, mentre l’idrogeno 3 si fonde ancora più facilmente e a temperatura ancora inferiore.

Allora, perché non lasciar perdere l’idrogeno normale, passare subito all’idrogeno 3, e usare questo per ottenere il nostro carburante da fusione? Sfortunatamente c’è un guaio.

² Acronimo di тороидальная камера е магнитными катушками, “Cella toroidale con bobine magnetiche”. (N.d.R.)

L'idrogeno 3 è una sostanza instabile. È radioattivo e si dissolve con tale rapidità che è difficile trovarne sulla Terra. Se vogliamo usare l'idrogeno 3, con i suoi 12 anni di mezza vita, dobbiamo formarlo con reazioni nucleari che consumano energia. Potremmo ottenerlo, per esempio, bombardando il leggerissimo litio con neutroni provenienti da reattore a fissione. Significherebbe usare carburante costoso, difficile da produrre, e difficile da controllare.

E l'idrogeno 2? Questo è un atomo stabile, e ne esiste sulla Terra in quantità considerevole. Per la verità, un solo atomo di idrogeno su 7.000 è idrogeno 2, tutto il resto è idrogeno 1, tuttavia c'è tanto idrogeno sulla Terra che anche uno su 7.000 non è male.

Per esempio, un litro d'acqua contiene circa, diecimila miliardi di miliardi di idrogeno 2, e se tutto questo deuterio venisse sottoposto a fusione produrrebbe tanta energia quanta 300 litri di benzina.

Ma per quanto l'idrogeno 2 presenti meno difficoltà dell'idrogeno 1 trattarlo non è del tutto facile. A ragionevoli densità sarebbero necessarie temperature di 400.000.000 gradi, cioè 25 volte la temperatura dell'interno del Sole dove anche il più intrattabile idrogeno 1 subisce la fusione. Però la densità all'interno del Sole è enorme.

Potremmo trovare un compromesso usando una miscela di idrogeno 2 e di idrogeno 3, affrontare le spese e le difficoltà della lavorazione dell'idrogeno 3, che sarebbero comunque inferiori a quelle necessarie per la lavorazione del solo tritio.

La temperatura di accensione per una miscela di metà idrogeno 2 e metà idrogeno 3 è solo di 45.000.000 gradi. È la più bassa temperatura d'accensione che si conosca per fusioni a reazione in cui siano coinvolti nuclei stabili. Sembra che la formula 2+3 sia la soluzione più facile per una fusione.

Dato che l'atomo di elio, prodotto della fusione dell'idrogeno, ha quattro particelle nel nucleo (elio 4), la fusione dell'idrogeno 2 e dell'idrogeno 3 ha una particella in più: $2+3 = 4+1$. Questa particella è il neutrone.

Come ho detto prima l'idrogeno 3 si forma bombardando il litio con neutroni. Quindi, ammesso che si possa preparare l'idrogeno 3, usando neutroni di uranio fissionabile, una volta iniziata la reazione fusione 2+3, sarà essa stessa a fornire i neutroni per la formazione di altro idrogeno 3.

A questo punto ci serve un Tokamak con dentro una miscela 2+3 che sia sufficientemente densa e calda da accendersi.

Nel 1957 il fisico inglese J.D. Lawson ha calcolato che perché avvenga un'accensione, una volta raggiunta la temperatura adatta questa temperatura deve essere mantenuta per un certo periodo di tempo. Il tempo serve per essere certi che un numero sufficiente di nuclei collidano tra loro nei loro movimenti irregolari per produrre il calore sufficiente alla continuità della reazione. Naturalmente, più denso è il plasma, più collisioni si avranno in un dato periodo di tempo, e più breve sarà il periodo di confinamento necessario per l'accensione.

Per l'idrogeno alla densità in cui si trova in condizioni normali sulla Terra, la temperatura d'accensione deve essere mantenuta per soli quattro milionesimi di secondo. Anche le migliori apparecchiature magnetiche per confinare il plasma non possono mantenere l'idrogeno a quella densità nemmeno per quella durata di tempo. La densità deve essere quindi diminuita, e questo significa che il tempo durante il

quale la temperatura deve essere mantenuta va aumentato di conseguenza.

I fisici sovietici e americani hanno spinto le combinazioni densità e temperatura-tempo a livelli sempre più alti, ma non hanno ancora raggiunto il punto di accensione. Dato che i campi magnetici continuano a essere rinforzati e progettati con sempre nuovi accorgimenti, sembra certo che entro pochi anni (è difficile predire esattamente quanti) il fuoco di fusione attecchirà.

Quasi per ironia, dopo venticinque anni di lavoro sul confinamento elettromagnetico come sostituto del confinamento gravitazionale, pare che un nuovo concorrente in questo campo prenderà il sopravvento sul campo magnetico e si dimostrerà la soluzione migliore. Torniamo al confinamento inerziale con qualcosa che sostituisce la bomba atomica quale super-veloce acceleratore della temperatura.

Nel 1960 venne inventato il laser, un apparecchio con cui l'energia radiante, quale la luce visibile, può essere liberata in grandi quantità e concentrata in un raggio sottilissimo. L'uomo imparò, per la prima volta, come liberare energia a una rapidità simile a quella della bomba a fissione, ma su una scala talmente minima da poterla liberare senza pericolo. (I primi laser, per la verità, furono molto deboli, ma negli anni successivi all'invenzione divennero sempre più potenti e più versatili).

Supponiamo che il laser venga concentrato su una pallina grande quanto una capocchia di spillo fatta di idrogeno 2 e idrogeno 3 gelati. (Sarebbe una pallina oltremodo fredda perché queste sostanze gelano soltanto a una temperatura di -259 gradi, 14 gradi soltanto sopra lo zero assoluto).

Naturalmente il raggio laser farebbe evaporare la pallina in una infinitesimale frazione di secondo. Comunque, mentre il raggio laser continua a colpire il gas che evapora, il plasma che ne risulta viene portato a temperature ultra-alte in meno tempo di quanto impieghino i nuclei individuali ad allontanarsi l'uno dall'altro. Questo è un caso di confinamento inerziale, come quello prodotto dalla bomba a fissione, solo che avviene su piccola scala e in maniera controllabile. Dato che le molecole non hanno il tempo di allontanarsi fra loro, un'enorme pressione si forma all'interno della pallina che si comprime ad altissima densità, e l'accensione può avvenire.

Nel 1968 i sovietici usarono per primi questo riscaldamento laser dell'idrogeno solido e arrivarono a scoprire le reazioni di fusione individuali fra i nuclei, ma non riuscirono a produrre una vera accensione. Da allora, sia gli Stati Uniti sia l'Unione Sovietica hanno aumentato enormemente gli investimenti su queste ricerche, e oggi le due nazioni spendono ciascuna qualcosa come 30 milioni di dollari all'anno.

Sono allo studio progetti per costruire laser migliori e più potenti e puntarli sulla pallina congelata da differenti posizioni.

Tanto per cominciare, l'idrogeno 2 e 3 hanno una densità circa mille volte superiore a quelle della normale forma gassosa. La compressione della parte centrale della pallina aumenta questa densità di diecimila volte. In simili condizioni, per raggiungere la temperatura necessaria a fare scaturire un flusso di energia fusione occorrono soltanto tre milionesimi di secondo. Se altre palline vengono fatte cadere nella camera di scoppio una dopo l'altra, il flusso può essere continuo.

Naturalmente per arrivare all'accensione occorrono grandi quantità di energia. Sono necessari enormi raggi laser che consumano moltissima elettricità, per non parlare dell'energia necessaria a isolare l'idrogeno 2 dalle acque degli oceani, e quella per

formare l'idrogeno 3 attraverso il bombardamento neutronico del litio... e poi per congelare l'idrogeno 2 e l'idrogeno 3.

Comunque questo investimento-energia è necessario solo all'inizio. Una volta accesa la fusione reazione, questa produrrà l'energia necessaria a mantenere in funzione il laser.

La scienza che studia questo problema è certa che il sistema funzioni, e magari entro pochi anni. A questo punto entrerà in funzione la parte tecnica, la costruzione delle apparecchiature pratiche che raccogliendo il calore della fusione lo convertono in energia utile.

Se si comincia col produrre quello che sarà soltanto un reattore a fusione della "prima generazione" con una miscela di idrogeno 2 e di idrogeno 3 accesi dall'azione del laser, la maggior parte dell'energia prodotta sarà in forma di neutroni molto attivi. Questi neutroni usciranno dal reattore a fusione in tutte le direzioni e colpiranno lo scudo di litio liquido.

I neutroni faranno reazione con il litio e produrranno l'idrogeno 3, che può essere isolato e rimesso nel reattore a fusione. Il litio, scaldatosi nel processo di assorbire e reagire al contatto dei neutroni, viene raffreddato con una circolazione d'acqua all'esterno del serbatoio. In questo processo l'acqua si scalda e si converte in vapore, e questo vapore può far girare una turbina e produrre elettricità nella maniera convenzionale.

I vantaggi sono enormi.

Anzitutto l'energia è senza fine perché il carburante (l'idrogeno 2 e il litio) esistono sulla Terra in quantità sufficienti da bastare all'umanità per un periodo indefinito. L'energia si può produrre dappertutto, perché il carburante esiste in ogni parte della Terra.

L'energia è sicura perché i soli prodotti pericolosi, i neutroni e l'idrogeno 3, se la reazione funziona con perfetta efficienza, vengono consumati. Quello che rimane è l'elio, che è assolutamente innocuo. Il pericolo, in caso di incidente, sarebbe simile a quello di una fissione nucleare.

Con i reattori a fusione di una "seconda generazione", i pericoli sarebbero ancora minori. I fisici pensano che le fusioni dell'idrogeno 2-idrogeno 3 potranno servire soltanto per l'accensione di ulteriori fusioni. Si avrebbero palline fatte di boron 11 e di idrogeno 1, con idrogeno 2 e idrogeno 3 al centro. Sotto l'attivazione del laser il centro si accenderà creando energie capaci di provocare la fusione boron-idrogeno.

Il boron, fondendosi con l'idrogeno 1, si spaccerebbe in tre nuclei di elio 4 ($11+1=4+4+4$) e nient'altro. Niente neutroni, e niente particelle radioattive di qualsiasi natura.

Infine, non si possono verificare esplosioni. Nella fissione nucleare l'energia si può produrre soltanto se nel centro fissionabile sono presenti grandi quantità di uranio. La fusione, invece, lavora con piccole quantità di carburante. Se qualcosa va male può soltanto succedere che il processo si fermi.

Ma, attenti...

Primo, la fusione produrrebbe calore, che altrimenti non esisterebbe sulla Terra. "Inquinamento termico", come bruciando carbone e petrolio. Questo calore in più, unito a quello che arriva dal Sole, non può venire espulso dalla Terra senza un leggero

aumento della temperatura su tutto il pianeta. Se la disponibilità dell'energia da fusione ci incoraggia a usarla in modo incontrollato per aumentare la produzione di energia magari di mille volte, può capitare che in una decina d'anni le calotte polari si sciolgano. Questo porterebbe le zone costiere intensamente popolate dei continenti a trovarsi 60 metri sotto il livello del mare... e sott'acqua non si respira.

Poi, se la disponibilità dell'energia da fusione può incoraggiare l'umanità a false illusioni di sicurezza tanto da farla continuare a moltiplicarsi in modo incontrollato, la nostra civiltà tecnologica, bilanciata in modo delicato può crollare per motivi diversi da quelli della mancanza di energia.

Infine, anche se noi iniziassimo una reazione a fusione domani, i problemi tecnici per costruire impianti di energia su vasta scala sarebbero enormi, e io credo che per costruirli ci vorrebbero almeno trent'anni, quando cioè la popolazione mondiale sarebbe (a meno di una catastrofe) di 7 miliardi.

Quindi ci aspettano almeno trent'anni in cui dovremo vivere in condizioni di scarsa energia e popolazione altissima. L'umanità deve pensare a salvarsi. Le probabilità sono contro di noi, ma dobbiamo tentare.

Scivola, stella, scivola

Twinkle, Twinkle, Microwaves, 1977

Traduzione di Pierluca Serri

Urania n. 735 (6 novembre 1977)

Quando rileggo gli articoli che ho scritto negli ultimi diciotto anni e mezzo per le riviste di fantascienza, non sono eccessivamente sorpreso di scoprire, ogni tanto, che uno di essi risulta sorpassato a causa dei continui progressi della scienza. E quando ciò mi succede, mi sento moralmente obbligato, prima o poi, ad ammetterlo e a riprendere a esaminare il problema su nuove basi.

Nel giugno del 1965, per esempio, ho scritto un articolo sulle varie specie di stelle nane. L'avevo intitolato «Squ-u-u-ush», e pubblicato nel numero di novembre 1965 di *Fantasy and Science Fiction*. Più tardi venne incluso nella mia raccolta di articoli *From Earth to Heaven* (Doubleday, 1966). In esso trattavo, tra l'altro, di minuscole stelle chiamate “stelle neutroniche”, sostenendo, in via di ipotesi, che una stella di tale tipo doveva trovarsi nella Nebulosa del Cancro. Questa, com'è noto, è una nube formata da gas molto attivi che si suppongono essere il residuo di una supernova, vista dalla Terra un migliaio di anni fa, all'incirca. Poiché la Nebulosa del Cancro emette raggi X, ci si poteva aspettare – dicevo – che anche le stelle neutroniche emettessero raggi X. Ma se nella nebulosa ci fosse stata una stella neutronica, i raggi X avrebbero dovuto provenire da un unico punto dello spazio, e in questo caso la Luna, passando davanti alla nebulosa, avrebbe interrotto di colpo il flusso dei raggi stessi.

Nel mio articolo dicevo anche: «Il 7 luglio 1964, quando la Luna si interpose tra la Terra e la Nebulosa del Cancro, venne inviato nello spazio un razzo per raccogliere dati..., ma purtroppo i raggi X furono fermati gradualmente. La sorgente di questi raggi X si estendeva per circa un anno luce e non era assolutamente una stella neutronica...»

«All'inizio del 1965, poi, alcuni fisici dell'Istituto di Tecnologia della California calcolarono nuovamente la velocità di raffreddamento di una stella a neutroni... Stabilirono che essa avrebbe emesso raggi X solo per un periodo di tempo misurabile in settimane.»

Evidentemente le conclusioni che ne traevo non potevano che essere queste: non era molto probabile che una qualunque sorgente di raggi X potesse essere una stella neutronica, e un tale tipo di corpo celeste, anche se fosse esistito davvero, non avrebbe probabilmente mai potuto essere scoperto.

Ciò nonostante, proprio due anni dopo che avevo scritto l'articolo (e circa otto mesi dopo che era stata pubblicata la raccolta) le stelle neutroniche vennero scoperte, e oggi si conosce con certezza l'esistenza di un certo numero di esse. Mi sembra quindi logico e doveroso spiegare come ciò poté succedere, facendo un passo indietro nel tempo.

In un precedente articolo ho parlato della scoperta delle nane bianche, che sono stelle con la massa di una stella normale, ma il volume di un pianeta. La prima nana bianca ad essere scoperta, Beta di Sirio, ha una massa uguale a quella del nostro Sole, ma un diametro di soli 47.000 chilometri, quello di Urano.

Com'è possibile un fatto simile?

Una stella come il Sole ha un campo gravitazionale sufficientemente intenso da spingere la propria materia costitutiva verso l'interno, con una forza tale da distruggere gli atomi e da ridurli a un flusso elettronico entro il quale i nuclei molto più piccoli si muoverebbero liberamente. Ma, stando così le cose, anche se il Sole comprimesse se stesso fino a $1/26.000$ del suo volume attuale e a ventiseimila volte la sua densità attuale, in modo tale da diventare una nana bianca, duplicato di Beta di Sirio, dal punto di vista dei nuclei atomici sarebbe ancora costituito principalmente da spazio vuoto.

Eppure il Sole non si comprime fino a questo punto. Come mai? È la fusione nucleare continua, esistente al centro della stella, che alza in quella zona la temperatura fino a circa quindici milioni di gradi. L'effetto espansivo di questa temperatura bilancia la spinta verso il centro del campo gravitazionale e conserva al Sole le caratteristiche di un'ampia palla di gas incandescente con una densità globale di solo 1,4 volte quella dell'acqua.

Alla fine, comunque, la fusione nucleare al centro di una stella verrà a trovarsi senza combustibile. Questo è un processo complicato che non può essere qui approfondito, ma posso dire che al suo termine non lascerà niente per alimentare nel centro il calore indispensabile, quel calore, cioè, che consente alla stella di rimanere espansa. A questo punto la spinta gravitazionale non ha più niente che la ostacoli: avviene un collasso stellare e si forma una nana bianca.

Il fluido elettronico entro il quale si muovono i nuclei di una nana bianca può essere considerato come una specie di molla che indietreggia quando viene compressa e che si ritira tanto più violentemente quanto più fortemente viene compressa.

Una nana bianca conserva il suo volume e resiste a un'ulteriore compressione verso l'interno, da parte della spinta gravitazionale, grazie all'azione di questa molla, e non per l'effetto espansivo del calore. Ciò significa che una nana bianca non è necessariamente incandescente, anche se non vi è dubbio che può esserlo a causa della conversione dell'energia gravitazionale in calore durante il processo di collasso. Questo calore, però, viene disperso per irradiazione molto lentamente durante gli eoni, in modo che alla fine la nana bianca si trasformerà, apparentemente, in una "nana nera", pur conservando ancora, malgrado tutto, il proprio volume, per il fatto che il fluido elettronico compresso resta per sempre in equilibrio con la spinta gravitazionale.

Nella realtà, tuttavia, le stelle si presentano con masse differenti l'una dall'altra. Più grande è la massa di una stella, più intenso è il suo campo gravitazionale. Nel caso in cui il combustibile nucleare venga a mancare e la stella collassi, quanto più grande è la sua massa e, di conseguenza, più intenso è il suo campo gravitazionale, tanto più la nana bianca che nasce sarà piccola e fortemente compressa.

In effetti, se la stella è abbastanza compatta, la spinta gravitazionale sarà abbastanza intensa e il collasso energetico sufficiente a frantumare la molla del fluido elettronico,

e allora la nana bianca non sarà in grado di conservare a lungo né la sua forma né il suo volume planetario.

Nel 1931, un astronomo americano di origine indiana, Subrahmanyan Chandrasekhar, presa in esame la situazione e fatti i necessari calcoli, annunciò che la frantumazione del fluido avrebbe avuto luogo solo se la nana bianca avesse avuto una massa maggiore di 1,4 volte quella del Sole. Questa misura è chiamata “limite di Chandrasekhar”.

Non sono molte le stelle che hanno masse che superano questo limite: non più del 2% di tutte le stelle esistenti. Comunque sono proprio le stelle compatte che per prime esauriscono il materiale per la fusione nucleare. Più una stella è compatta, infatti, più rapidamente finisce il combustibile nucleare e più drasticamente collassa.

Nell’arco dei quindici miliardi di vita dell’universo questo collasso tra le stelle compatte deve essersi verificato uno sproporzionato numero di volte. Di tutte le stelle che hanno consumato il loro carburante nucleare e sono collassate, almeno un quarto, probabilmente di più, avevano avuto massa superiore al limite di Chandrasekhar. Che cosa accade a queste stelle?

Quando una stella esaurisce la materia per la fusione nucleare si espande, ma, a quanto sembra, solo le sue zone più interne prendono parte al collasso finale. Le parti esterne, invece, rimangono nelle vicinanze del corpo celeste dando vita a una “nebulosa planetaria”, entro la quale la stella luminosa collassata è avvolta da un grande volume di gas.

In realtà, la massa di gas non collassato di una nebulosa planetaria non può essere molto grande; perciò, solo le stelle che superano di poco il limite di Chandrasekhar possono perdere in questo modo quel tanto di massa che basti a portarle al di sotto del limite stesso.

D’altra parte esistono stelle esplosive, novae o super-novae, che nel corso dell’esplosione perdono dal 10 al 90% della loro massa stellare complessiva. L’esplosione sparge polvere cosmica e gas in tutte le direzioni, come nella Nebulosa del Cancro, lasciando a subire il collasso solo una piccola zona interna, talvolta solo una minuscola zona interna.

A questo punto si può supporre che ogni qual volta la massa di una stella si trova al di sopra del limite di Chandrasekhar, un qualche processo naturale rimuova una quantità di materia sufficiente a permettere a qualsiasi parte collassata di trovarsi al di sotto del limite.

Ma che cosa succederebbe se non fosse sempre così? Cosa accadrebbe se non si potesse fare affidamento fino a tal punto sulla benevolenza dell’Universo? e se qualche volta collassasse invece un agglomerato di materia troppo compatta?

Nel 1934, gli astronomi Fritz Zwicky e Walter Baade presero in esame questa possibilità e stabilirono che la stella che subiva il collasso avrebbe semplicemente distrutto la barriera del fluido elettronico. Gli elettroni, sempre più compressi, sarebbero stati spinti a forza all’interno dei protoni dei nuclei atomici in continuo movimento all’interno del fluido, e formando così neutroni. A questo punto la massa principale della stella sarebbe stata composta da soli neutroni: cioè da quelli presenti in origine nei nuclei, più quelli formati dagli elettroni e dai protoni combinatisi

insieme.

La stella collassante si sarebbe dunque ridotta, in pratica, a essere costituita da nient'altro che neutroni. E avrebbe poi continuato a collassare fino a quando i neutroni non fossero stati effettivamente in contatto gli uni con gli altri, diventando quindi una "stella neutronica". Se il nostro Sole collassasse fino allo stato di stella neutronica, il suo diametro si ridurrebbe a 1/100.000 di quello che è oggi e sarebbe, da un'estremità all'altra, di soli 14 chilometri, pur mantenendo l'intera sua massa.

Un paio di anni dopo, J. Robert Oppenheimer e un suo allievo, George M. Volkoff, elaborarono la teoria delle stelle neutroniche, sviluppandola in ogni particolare.

In base a tale teoria sembra che le nane bianche si formino quando stelle relativamente piccole raggiungono la loro fine senza grandi sconvolgimenti, in modo tranquillo. Ma quando una stella molto compatta esplode in una supernova (come fanno solo le stelle compatte), il collasso è sufficientemente rapido da superare la barriera opposta dal fluido elettronico. E se anche viene eliminata una parte della stella tale da lasciare il resto del corpo celeste al di sotto del limite di Chandrasekhar, la velocità del collasso può portare al superamento della barriera. Perciò, alla fin fine, si potrebbe ritrovare una stella neutronica con massa inferiore a quella di parecchie nane bianche.

Ad ogni modo, il vero problema è quello della reale esistenza di tali stelle neutroniche. Infatti le teorie sono tutte molto affascinanti, ma se non vengono verificate da osservazioni o esperimenti, rimangono solo piacevoli ipotesi che divertono gli scienziati e gli scrittori di fantascienza. È però vero che non è facile fare esperimenti con stelle collassate. E come si può osservare un oggetto di pochi chilometri di diametro che sappiamo trovarsi a una distanza di molti anni luce?

Anche procedendo in via del tutto teorica, sarebbe davvero difficile, sebbene nella formazione di una stella neutronica venga trasformata in calore una quantità di energia gravitazionale sufficiente a fornire alla stella di recente formazione una temperatura superficiale di circa dieci milioni di gradi. Da ciò deriva che la stella emanerebbe una quantità enorme di radiazioni energetiche, cioè di raggi X, per l'esattezza.

Tuttavia, dal momento che i raggi X provenienti da sorgenti cosmiche non penetrano nell'atmosfera terrestre, questo fenomeno non è stato di alcun aiuto fino a quando gli osservatori interessati sono stati legati alla superficie terrestre. Ma, a cominciare dal 1962, razzi dotati di strumenti in grado di captare i raggi X sono stati mandati oltre l'atmosfera, e dopo che ebbero scoperto sorgenti cosmiche di raggi X, venne risollevato il problema se alcune di esse fossero o non fossero stelle neutroniche. Nel 1965 (come ho scritto in «Squ-u-u-ush») il peso dell'evidenza sembrò suffragare la teoria della non esistenza di tale tipo di stelle.

Nel frattempo, però, gli astronomi si erano sempre più orientati verso lo studio delle sorgenti cosmiche di onde radio, dato che, oltre alla luce visibile, alcune radioonde molto corte, chiamate "microonde", possono penetrare nell'atmosfera. Già nel 1931, infatti, un ingegnere americano specializzato in comunicazioni radio, Karl Jansky, aveva captato queste microonde provenienti dal centro della Galassia.

A quel tempo la scoperta non aveva suscitato molto interesse, soprattutto perché gli astronomi non disponevano ancora di strumenti e mezzi idonei a captare e a studiare

queste radiazioni. Ma durante la seconda guerra mondiale la situazione cambiò con lo sviluppo del radar che, come si sa, si serve dell'emissione, della riflessione e dell'intercettazione di microonde. Così, alla fine della guerra, gli astronomi ebbero a disposizione una serie completa di strumenti di indagine celeste per un uso del tutto pacifico. Nacque allora la "radioastronomia" che fece in breve enormi passi avanti. Gli astronomi impararono infatti a usare apparati strumentali per l'intercettazione di microonde (i "radiotelescopi"), molto complessi e in grado di captare corpi celesti a distanze maggiori e di localizzarne la posizione con molta maggior precisione di quanto potessero e possano fare i telescopi ottici.

A mano a mano che la tecnica migliorava, l'intercettazione diventava sempre più esatta, non solo nello spazio, ma anche nel tempo. Così, oltre a localizzare punti dello spazio che erano sorgenti di microonde, i radioastronomi ricevettero anche sicure indicazioni che dimostravano come l'intensità delle onde emesse potevano variare nel tempo. All'inizio del 1960 vennero persino in possesso di qualche elemento comprovante che la variazione poteva essere molto rapida, quasi una specie di lampeggiamento.

I radiotelescopi non erano però progettati per reagire a fluttuazioni di intensità molto rapide, perché nessuno, in realtà, aveva previsto questa esigenza. Perciò, subito dopo, si dovettero studiare e realizzare strumenti speciali, capaci di intercettare microonde a impulsi variabili come lampi. Il maggior merito di questo lavoro va ad Anthony Hewish dell'Osservatorio dell'Università di Cambridge, che diresse la costruzione di 2.048 singole unità radoriceventi, collegate in un unico apparato che copriva un'area di diciottomila metri quadrati (in altre parole di quasi un ettaro e mezzo).

Nel luglio 1967, il nuovo radiotelescopio fu messo in funzione con lo scopo di scrutare il cielo per scoprire casi di lampeggiamento.

Dopo un mese soltanto, una giovane studentessa non ancora specializzata, Jocelyn Bell, che stava di turno ai comandi del telescopio, cominciò a ricevere scariche di microonde, e molto rapide, da un punto situato a metà strada tra le stelle Vega e Altair. Queste scariche, in realtà, erano così rapide da non avere precedenti, tanto che la studentessa non credette che provenissero dallo spazio, ma ritenne trattarsi di interferenze nel funzionamento del radiotelescopio provenienti da strumenti elettronici dislocati nei dintorni. Ma, notte dopo notte, ad ogni suo turno di lavoro al telescopio, i controlli dimostravano che la sorgente di microonde si muoveva con regolarità attraverso il cielo, in fase con la rotazione delle stelle. Sulla Terra niente avrebbe potuto imitare questo tipo di moto; perciò la causa doveva essere proprio qualcosa nel cielo giovane sottopose quindi il caso a Hewish e i due, insieme, esaminarono accuratamente il fenomeno per qualche tempo, tenendolo costantemente sotto controllo. Alla fine di novembre ricevevano ormai le scariche così chiaramente da riuscire a stabilirne sia la durata sia la velocità. Ogni scarica di onde radio durava un ventesimo di secondo e arrivava a intervalli di un secondo e un terzo. In altre parole si ripeteva quarantacinque volte circa al minuto.

Questa non era affatto la scoperta di un inaspettato lampeggiamento di una sorgente radio già captata in precedenza. No, quella particolare sorgente non era assolutamente mai stata rilevata prima, perché i radiotelescopi, non essendo progettati per captare

scariche di onde talmente brevi, avrebbero registrato soltanto onde di intensità media, inadatti com'erano a rilevare il periodo "morto" tra due scariche successive. L'intensità media, però, raggiungeva solo il tre per cento dell'intensità massima delle raffiche, che pertanto passava inosservata.

La regolarità delle scariche si dimostrò di una precisione quasi incredibile. Arrivavano in modo così regolare che potevano essere cronometrate al 10 miliardesimo di secondo senza presentare variazioni significative tra un impulso e l'altro. Il loro periodo era di 1,3370109 secondi.

Il fatto era estremamente importante: se la sorgente fosse stata qualche complesso agglomerato di materia, una galassia, un gruppo di stelle, una nube di polvere cosmica, allora una parte di essa avrebbe emesso microonde in modo un pochino differente da quello di ogni altra sua parte. E se anche ognuna delle parti avesse subito variazioni regolari, l'insieme di queste variazioni avrebbe dato come risultato qualcosa di alquanto complesso. Di conseguenza, per essere così semplici e regolari, le scariche di microonde captate da Jocelyn Bell e Anthony Hewish, dovevano riguardare un numero molto ridotto di corpi, forse anche uno solo.

A prima vista, la regolarità delle scariche sembrò addirittura troppo perfetta per un corpo inanimato, tanto che fu avanzata l'ipotesi, un po' allarmante, che potesse in fin dei conti indicare l'esistenza di un fenomeno artificiale, non situato sulla Terra o nei suoi paraggi. E perché mai queste scariche non avrebbero potuto essere segnali extraterrestri che già in quel tempo certi astronomi stavano cercando di captare?

In un primo tempo soltanto, al fenomeno fu dato il nome "LGM" (o Little Green Men - omini verdi), ma la tesi di una provenienza extraterrestre di segnali intelligenti non poté essere sostenuta a lungo. Le scariche potevano infatti essere prodotte soltanto con l'impiego di una quantità di energia dieci miliardi di volte superiore a quella che si può produrre facendo lavorare insieme tutte le fonti energetiche esistenti sulla Terra. Se fossero state di origine intelligente avrebbero quindi richiesto un fantastico, smisurato dispendio di capitali. Tenendo inoltre conto che avevano una regolarità costante, tanto che in pratica non fornivano alcuna informazione, che si poteva concludere? Che un'intelligenza così progredita doveva essere altrettanto stupida per sprecare un'enormità di energia per non dare alcuna informazione?

A proposito delle scariche, Hewish non poté quindi fare altro che supporle di origine cosmica, derivanti probabilmente da una stella che diffondeva impulsi di microonde. Perciò chiamò l'oggetto "stella pulsar", definizione presto abbreviata in "pulsar".

Andò poi alla ricerca di indizi di lampeggiamenti in altre parti dei nastri registrati dagli strumenti e, dopo averli trovati, procedette a ritroso con adeguati controlli, acquisendo a suo tempo la quasi certezza di avere captato altri tre "pulsar". E il 9 febbraio 1968 annunciò al mondo la scoperta (per la quale, alla fine, nel 1974 ricevette il Premio Nobel per la fisica in coppia con un altro scienziato).

Altri astronomi si impegnarono allora in una ricerca appassionata, e altri pulsar furono ben presto scoperti. Oggi se ne conoscono più di cento e si è calcolato che in tutta la nostra Galassia ce ne possano essere qualcosa come centomila.

Il pulsar più vicino, a noi noto, si trova a una distanza di trecento anni luce, o giù di lì, dal Sole.

Tutti i pulsar sono caratterizzati da un'estrema regolarità di pulsazioni, ma il periodo esatto varia da pulsar a pulsar. Quello con il periodo più lungo che si conosca ne ha uno di 3,75491 secondi (sedici pulsazioni al minuto). Per quanto si sa, il pulsar con il periodo più corto è stato scoperto nell'ottobre del 1968 da astronomi di Green Bank, nello stato della Virginia. Si trova proprio nella Nebulosa del Cancro ed è stato il primo anello di collegamento tra pulsar e supernovae. Ha un periodo di soli 0,033099 secondi, il che significa circa 1.813 pulsazioni al minuto, cioè una rapidità di pulsazione di circa centotredici volte maggiore di quella del pulsar con il periodo più lungo, oggi conosciuto.

Ma cosa può produrre pulsazioni così rapide e regolari? Lasciando da parte l'idea di una causa intelligente, possono essere prodotte solo dal movimento perfettamente regolare di uno, o forse due, corpi celesti. Questi movimenti potrebbero consistere:

- a) nella rivoluzione di un corpo attorno a un altro con l'emissione di una scarica di microonde a un certo punto della rivoluzione
- b) nella rotazione di un singolo corpo sul proprio asse, con l'emissione di una scarica a un certo punto della rotazione
- c) nella pulsazione, dentro e fuori, di un singolo corpo con l'emissione di una scarica a un certo punto della pulsazione.

La rivoluzione di un corpo celeste intorno a un altro potrebbe essere quella di un pianeta intorno al proprio sole. E questo fu in realtà il primo, fugace pensiero, quando per un istante circolò nell'ambiente il sospetto che le scariche avessero un'origine intelligente. Ma, in assenza dell'intervento di un'intelligenza, non esiste alcuna logica possibilità che un pianeta ruoti su se stesso o giri intorno al proprio sole con una velocità tale da determinare pulsazioni tanto rapide e regolari.

Le rivoluzioni più veloci si verificano invece quando i campi gravitazionali sono estremamente intensi e, nel 1968, ciò, voleva dire essere in presenza di nane bianche. Allora si riteneva che, posto di avere due nane bianche, ambedue al limite di Chandrasekhar e ruotanti una intorno all'altra, virtualmente in contatto, avesse luogo la più veloce rivoluzione esistente in natura. Ma anche questa non era ancora abbastanza veloce. Dunque, il lampeggiamento di microonde non può essere la conseguenza di un moto di rivoluzione.

E cosa si può dire dell'ipotesi di una rotazione? Supporre che una nana bianca ruoti su se stessa in un tempo minore di quattro secondi? Non può essere. Se ruotasse così velocemente, anche una nana bianca, malgrado il potente campo gravitazionale che l'avvolge, si distruggerebbe disperdendosi nello spazio.

Altrettanto si può dire dell'ipotesi della pulsazione.

Soltanto l'esistenza di un campo gravitazionale di gran lunga più intenso di quello delle nane bianche consente una razionale e definitiva spiegazione del lampeggiamento delle microonde. E ciò lasciò agli astronomi una sola via di uscita, quella che Thomas Gold, astronomo di origine austriaca, espose per primo.

I pulsar, ipotizzò Gold, erano le stelle neutroniche di cui Zwicky, Baade, Oppenheimer e Volkoff avevano parlato una generazione prima, e fece notare che una stella neutronica è abbastanza piccola e ha un campo gravitazionale abbastanza intenso da essere in grado di ruotare sul proprio asse in quattro secondi, o anche meno, senza disintegrarsi.

Per di più, una stella neutronica deve avere un campo magnetico simile a quello di qualsiasi altra stella normale, ma compresso e concentrato tanto quanto lo è la sua materia. Perciò il campo magnetico di una stella neutronica deve essere molto più intenso di quello delle stelle normali.

La stella neutronica, grazie alla sua spaventosa temperatura di superficie, girando sul proprio asse emetterebbe elettroni dai suoi strati più esterni (nei quali protoni ed elettroni esisterebbero ancora). Questi elettroni, intrappolati dal campo magnetico, potrebbero sfuggire unicamente in prossimità dei due poli magnetici, opposti tra loro, della stella neutronica.

Non essendo necessario che i poli magnetici coincidano con gli effettivi poli di rotazione (questo, ad esempio, è il caso della Terra), ogni polo magnetico potrebbe muoversi a spaventosa velocità (in secondi o frazioni di secondo) intorno al polo di rotazione, e nel fare ciò libererebbe elettroni (proprio come una bocca inaffiatrice ruotante spruzza l'acqua). Appena lanciati fuori, gli elettroni devierebbero secondo la curva dello stesso campo magnetico della stella, perdendo, nel processo, dell'energia che riapparirebbe sotto forma di microonde che, non essendo intercettate dai campi magnetici, procederebbero nello spazio a velocità elevatissime.

Così, ogni stella neutronica, finirebbe per emettere due fasci di onde radio dai due emisferi opposti del suo minuscolo globo. E nel caso in cui, ruotando, facesse passare uno di questi fasci attraverso il nostro asse di collimazione, la Terra riceverebbe una brevissima scarica di microonde a ogni rotazione. Alcuni astronomi calcolarono poi che solo una stella neutronica su cento invia microonde nella nostra direzione; per cui dalla Terra sarà possibile captare soltanto un migliaio delle centomila stelle neutroniche probabilmente esistenti nella nostra Galassia.

Gold aggiunse che, se la sua teoria fosse stata esatta, una stella neutronica avrebbe dovuto perdere in continuazione energia dai poli magnetici, e la sua velocità di rotazione avrebbe dovuto proporzionalmente rallentare. Ne consegue che quanto più il periodo di un pulsar è rapido, tanto più è probabile che il pulsar sia giovane, che più rapidamente stia perdendo energia e che, di conseguenza, stia rallentando il suo moto.

Questo proverebbe che la stella neutronica della Nebulosa del Cancro, che ha il periodo di pulsazione più corto che si conosca, non avendo ancora mille anni di vita, è con ogni probabilità la più giovane che si possa osservare dalla Terra. Al momento della sua formazione doveva ruotare un migliaio di volte al secondo, almeno; poi la rotazione è rapidamente diminuita fino a raggiungere le trenta volte al secondo di oggi.

La stella neutronica della Nebulosa del Cancro è stata perciò studiata con molta cura, e si è scoperto che effettivamente il suo periodo si sta allungando: oggi aumenta di circa 36,48 miliardesimi di secondo ogni giorno e perciò, di questo passo, raddoppierà nel giro di milleduecento anni. Lo stesso fenomeno è stato notato in altre stelle neutroniche, i cui periodi sono più lenti di quello della stella della Nebulosa del Cancro e la cui velocità di decelerazione rotazionale è anche minore. La prima stella neutronica scoperta da Bell, oggi detta CP1919, sta rallentando la sua rotazione con un ritmo tale per cui raddoppierà il suo periodo solo tra 16 milioni di anni.

Via via che un pulsar rallenta la propria rotazione, la potenza delle sue scariche di microonde diminuisce e, quando il periodo supera i quattro secondi di durata, diventa

impossibile captare la stella neutronica. Ciò nonostante è assai probabile che potremo captare stelle neutroniche per ancora dieci milioni di anni.

Ora, in seguito ai risultati degli studi sul rallentamento delle scariche di microonde, gli astronomi sono abbastanza convinti che i pulsar siano stelle neutroniche, e il mio vecchio articolo «Squ-u-u-u-ush» mantiene la sua validità.

Qualche volta, del tutto incidentalmente, può accadere che una stella neutronica aumenti improvvisamente di molto poco la velocità del suo periodo, per poi riprendere il suo normale rallentamento. Questo fenomeno è stato notato per la prima volta nel febbraio del 1969 quando si osservò che il periodo della stella neutronica Vela X-1 cambiava improvvisamente. Questa rapidissima alterazione venne detta, in gergo, “glitch”, da un termine yiddish che significa “scivolare”. Oggi questa parola è entrata di diritto nel vocabolario scientifico.

Alcuni astronomi ritengono che le “glitch” siano il risultato di un “terremoto stellare”, cioè di un cambiamento nella distribuzione della massa all’interno della stella neutronica, misurabile in una contrazione del diametro di un centimetro o anche meno. Oppure che siano la conseguenza della penetrazione nell’interno della stella neutronica di una meteora piuttosto grande il cui “momento” verrebbe a sommarsi a quello della stella stessa.

Naturalmente non c’è motivo di pensare che gli elettroni, allontanandosi da una stella neutronica, debbano perdere energia solamente sotto forma di microonde. Dovrebbero anzi emettere onde elettromagnetiche appartenenti a tutto lo spettro. Dovrebbero, per esempio, emettere anche raggi X, come in realtà accade alla stella neutronica della Nebulosa del Cancro. Il 10-15% circa di tutti i raggi X emessi dalla Nebulosa del Cancro proviene infatti dalla sua stella neutronica, mentre il rimanente 85%, e anche più, che proviene dai gas turbolenti che circondano la stella non ha fatto altro che confondere le idee e scoraggiare quegli astronomi che nel 1964 si erano messi in cerca di una stella neutronica proprio là, all’interno della citata nebulosa.

E ancora, una stella neutronica potrebbe emettere lampi di luce visibile. Nel gennaio 1969 venne rilevato che dentro la Nebulosa del Cancro una stella oscura di sedicesima grandezza lampeggiava davvero a intervalli coincidenti esattamente con gli impulsi radio. I lampi erano tanto brevi e gli intervalli tra l’uno e l’altro tanto ridotti che per captarli si rese necessario l’uso di una speciale attrezzatura, dato che, alla normale osservazione telescopica.

Per concludere, la stella neutronica della Nebulosa del Cancro è il primo “pulsar ottico” che sia stato scoperto, ovvero la prima stella neutronica realmente visibile all’occhio umano, e, almeno fino a oggi, rimane l’unico.

Questa non è la fine della «Squ-u-u-u-ush» era sbagliato sotto un altro aspetto, ben più spettacolare di quello delle stelle neutroniche, correggendo il quale sarò in grado di fare un altro passo avanti. E infatti, così come tempo addietro ho trattato della scoperta di quel piccolo, compatto mostro celeste che è la nana bianca, e come oggi ho trattato qui della scoperta di quel super-mostro celeste, più piccolo e più compatto del precedente, che è la stella neutronica, una prossima volta parlerò della scoperta di quel piccolissimo, compattissimo extra-super-mostro che è il “buco nero”.

Il corollario di Asimov

Asimov's Corollary, 1977
Traduzione di Pierluca Serri
Urania n. 743 (26 febbraio 1978)

Nel suo saggio *Profili del futuro*, il mio amico Arthur C. Clarke enuncia quella che lui stesso chiama la “Legge di Clarke”. Eccola: «Quando uno scienziato, illustre ma anziano, afferma che una certa cosa è possibile, ha quasi certamente ragione; ma quando afferma che una certa cosa è impossibile, molto probabilmente ha torto».

Arthur continua con esempi di «scienziati illustri ma anziani» che hanno pubblicamente espresso disgusto e riprovazione per ogni genere di progetti che, quasi immediatamente dopo, sono stati realizzati. Ernest Rutherford mise in ridicolo l'ipotesi dell'energia nucleare, Vannevar Bush si dimostrò più che scettico nei confronti dei missili balistici intercontinentali, e così via.

Però, conoscendo Arthur come lo conosco, quando io ho letto quanto sopra, mi sono chiesto se, tra tutti gli altri, lui non avesse compreso anche il sottoscritto.

Dopo tutto, anch'io sono uno scienziato, sebbene non propriamente “illustre”. Per varie ragioni, i non-scienziati si sono fatti di me quest'idea, che io non smentisco affatto, essendo troppo beneducato per dar loro il dispiacere di una tale delusione. E ancora, sono definitivamente un po' al di sopra dei trent'anni, e lo sono da tanto di quel tempo che posso persino considerarmi “anziano” secondo la definizione di Arthur. (E lo è anche lui, ovviamente, perché – ah, ah, risatina – è nato ben tre anni prima di me).

Orbene, come scienziato illustre ma anziano, ho io mai dichiarato che una certa cosa è impossibile o comunque che quella certa cosa non ha alcun rapporto con la realtà? Oh, Cielo, sì! Infatti è raro che mi senta pago di dire semplicemente che una cosa è sbagliata, senza aggiungere altro. Di solito, faccio invece libero uso di termini come «sciocchezza», «sproloquio», «stupida follia», «pura idiozia», e di molte altre perle appartenenti alla stessa gentile e affettuosa maniera di esprimersi.

Per esempio, tra le attuali aberrazioni più comuni tra la gente, ho attaccato senza freni l'astrologia, i dischi volanti, e roba del genere.

E, sebbene non abbia ancora avuto occasione di trattarle a fondo, considero le idee di von Daniken sugli astronauti dell'antichità e quelle di Charles Berlitz sul “triangolo” delle Bermude, una risciacquatura di piatti. (Ho conosciuto Charles Berlitz, e l'ho trovato una persona affascinante, e gli sono anche affezionato, ma ciò non cambia la mia opinione).

Dunque la Legge di Clarke non mi turba affatto? E non ho paura che qualche successore di Arthur, fra un centinaio d'anni, scriva di me in un suo libro e mi metta in ridicolo, citando per esteso le mie affermazioni?

No.

Anche se io accetto la Legge di Clarke e penso che Arthur abbia ragione nel

sospettare che i lungimiranti pionieri del progresso di oggi saranno i conservatori, reazionari e nostalgici, di domani, per me stesso non mi preoccupa. Sono infatti molto selettivo circa le eresie che denuncio come false, poiché mi lascio guidare da quello che chiamò “il Corollario di Asimov alla Legge di Clarke”.

Ed ecco qua il “Corollario di Asimov”: «Ciò nonostante, quando il volgo si stringe compatto intorno a un’idea che scienziati, illustri ma anziani, denunciano come falsa, e sostiene tale idea con grande fervore e partecipazione emotiva, gli scienziati illustri ma anziani hanno, proprio per questo, probabilmente ragione».

Ma perché dovrebbe essere così? E com’è possibile che io, da vecchio liberale ed equalitarista quale sono, del tutto estraneo alle scorie elitarie, proclami l’infallibilità della maggioranza, quando poi sostengo che la maggioranza ha infallibilmente torto? La risposta è che gli esseri umani hanno l’abitudine, cattiva forse ma inevitabile, di essere “umani”, il che significa che credono a ciò che li consola e offre loro una speranza.

Considerate quanti inconvenienti e svantaggi ci siano nell’Universo, così com’è fatto: non possiamo vivere in eterno, non possiamo mai avere niente per niente, non possiamo vincere sempre, e via di seguito.

È quindi naturale che qualunque promessa di eliminare questi inconvenienti e questi svantaggi venga accettata con slancio e abbracciata con convinzione. Gli inconvenienti e gli svantaggi restano, ovviamente, ma che importa?

Prendiamo ad esempio il più grande, il più universale e il più inevitabile degli inconvenienti: la morte. Dite agli uomini che la morte non esiste, e loro vi crederanno e vi saranno grati per la buona notizia. Fate un censimento per cercare di sapere quanti esseri umani credono nella vita dopo la morte, o nel Paradiso, o nelle dottrine spiritualistiche, o nella trasmigrazione dell’anima. Sono più che sicuro che troverete una bella maggioranza, o addirittura una maggioranza schiacciante di persone che, intendendo aggirare il concetto di morte, rifiutano di credere alla sua esistenza seguendo questa o quella teoria. Tuttavia, per quanto ne so, non è mai stata portata da alcuno una prova evidente che lasci sperare che la morte sia qualcosa di diverso dalla permanente dissoluzione della personalità dell’individuo, o che, al di là di essa, sussista qualcosa, per ciò che concerne la coscienza personale.

Se volete discutere su questo punto, presentatela, questa prova evidente!

Devo però avvertirvi che ci sono alcuni argomenti che non accetterò.

Non accetterò argomenti *ex cathedra* («La Bibbia dice così»).

Non accetterò argomenti basati su convinzioni interiori («Io lo credo»).

Non accetterò argomenti fondati su giudizi morali («Cosa sei, un ateo?»).

Non accetterò argomenti non pertinenti («Credi di essere stato messo su questa Terra al solo scopo di esistere per una minima frazione di tempo?»).

Non accetterò argomenti tratti da aneddoti o per “sentito dire” («Mia cugina ha un’amica che è andata da un medium e ha parlato col marito morto da tre anni»).

E quando tutti questi argomenti (e anche altre varietà di prove non probanti) saranno eliminati, stringi stringi non ne resterà più niente.

Allora, perché la gente crede? Perché lo vuole. Perché il desiderio di credere della massa crea una pressione sociale cui opporsi è difficile, oltre che pericoloso, nella

maggior parte delle epoche e dei luoghi. Perché poche sono le persone che hanno avuto la fortuna di venire educate alla comprensione di quello che vuol dire prova evidente o all'esercizio della discussione rispettosa della logica.

Ma, principalmente, la gente crede perché vuole credere. Ecco dunque il motivo per il quale un fabbricante di dentifrici troverà insufficiente dirvi che i suoi prodotti vi puliscono i denti quasi quanto lo spazzolino usato da solo. Al contrario, vi farà capire, direttamente o indirettamente, che il suo dentifricio è in grado di procurarvi un innamorato molto, molto attraente. E chi desidera l'amore o il sesso con più forza di quanto desideri avere i denti puliti, sarà più pronto a credergli.

Alla gente, inoltre, piace credere alle situazioni drammatiche, e la loro incredibilità, lungi dall'essere di ostacolo, è di aiuto alla stessa voglia di credere.

Non c'è dubbio che queste sono cose a tutti note oggi, in quest'epoca in cui intere nazioni possono essere indotte a credere ogni genere di follia che vada bene a chi le governa. E per tali follie vengono anche indotte a desiderare la morte. (Quest'epoca si differenzia da quelle precedenti soltanto perché il miglioramento delle comunicazioni rende possibile l'espandersi della follia con velocità ed efficacia molto più grandi.)

Considerando perciò quest'amore per il drammatico, sorprende forse che milioni di persone vogliano credere, per averlo solo sentito dire, che astronavi aliene ronzino attorno alla Terra e che esista una vasta congiura del silenzio da parte dei governi e degli scienziati per nascondere il fatto? Nessuno ha mai spiegato cosa i governi e gli scienziati sperino di guadagnare da una simile congiura, né come un tale segreto possa essere mantenuto, quando ogni altro viene invece subito divulgato in tutti i particolari. Com'è allora che tutti lo credono? È che la gente è sempre smaniosa di credere a qualsiasi congiura, contro chiunque o qualsiasi cosa.

La gente è anche desiderosa e impaziente di credere a problemi drammatici come la supposta capacità di tenere conversazioni intelligenti con le piante, la supposta forza misteriosa che inghiotte navi e aerei in una particolare zona dell'oceano, le supposte esaltanti visite di astronauti extraterrestri in età preistoriche e il regalo che ci avrebbero fatto questi extraterrestri di arti, mestieri e tecniche, e persino di alcune nostre caratteristiche genetiche.

Perché le cose siano ancora più eccitanti, la gente ama sentirsi in costante rivolta contro qualche potente forza repressiva e, s'intende, finché ha la certezza che non corre alcun rischio. Ribellarsi contro il potere istituito, politico, economico, religioso o sociale che sia, è molto pericoloso, e pochissime persone osano farlo, se non qualche rara volta, come parte anonima di una massa. Ribellarsi invece contro il "potere scientifico" è la cosa più semplice del mondo, e chiunque può farlo sentendosi di un'audacia eccezionale e senza rischiare niente.

Così, la grande maggioranza che crede nell'astrologia e pensa che i pianeti non abbiano niente di meglio da fare che formare un codice che gli dica se domani sarà un giorno propizio per concludere o no un affare, tanto più si eccita e si entusiasma per tali scemenze, quanto più gruppi di astronomi le denunciano come tali.

Ecco quindi come scelgo i miei "impossibili". Decido che certe eresie sono ridicole e indegne di credito non tanto perché il mondo scientifico dice «Non è vero!», quanto perché il mondo non scientifico dice «È vero!» con eccessivo entusiasmo. Cioè, non

sono tanto convinto che gli scienziati abbiano ragione, quanto, invece, che i non scienziati abbiano torto.

Ammetto, d'altra parte, che la mia fiducia negli scienziati non è molto salda. Gli scienziati hanno spesso avuto torto, e anche torto marcio. Ci sono stati "eretici" che si sono burlati del potere scientifico e sono stati perseguitati (nel modo limitato in cui il potere scientifico è in grado di perseguitare, ovviamente), ma alla fine sono stati gli eretici a dimostrare di avere ragione. Ciò è accaduto non una volta sola, ripeto, ma molte volte.

Questo, comunque, non fa vacillare la sicurezza con cui attacco le eresie che sono fermamente deciso ad attaccare, perché, anche nei pochi casi nei quali gli eretici hanno vinto, la gente comune non è stata quasi mai coinvolta, a nessun livello.

Quando nella scienza viene introdotto qualcosa di nuovo che ne scuote le strutture e che alla fine dev'essere accettato, di solito quel qualcosa quasi sicuramente eccita gli scienziati, ma non eccita la pubblica opinione, tranne forse che per fargli chiedere a gran voce la testa dell'eretico in questione.

Tanto per cominciare, consideriamo il caso di Galileo, dato che lui, pover'uomo!, è ormai diventato il santo patrono di tutti i picchiati (scientificamente, è ovvio!) pieni di autocommiserazione. Per essere precisi, comunque, Galileo non fu in origine perseguitato dagli scienziati per i suoi "errori" scientifici, bensì dai teologi per le sue autentiche eresie (sufficientemente autentiche, in base alle norme vigenti nel diciassettesimo secolo).

Allora, credete forse che la pubblica opinione sostenesse Galileo? Ovviamente no. Non una voce si levò in suo favore. Non nacque nemmeno alcun grande entusiasmo popolare in favore della Terra che girava intorno al Sole. Né alcun movimento o associazione pro "centralità solare" denunciò le autorità e le accusò di cospirare per nascondere la verità. Se Galileo fosse stato bruciato sul rogo, com'era accaduto a Giordano Bruno una generazione prima, il processo avrebbe probabilmente acquistato popolarità presso quel tipo di pubblico che apprezzava le condanne al supplizio unicamente per assistervi in prima fila come a uno spettacolo.

E ancora, consideriamo il più strabiliante caso di eresia scientifica successivo a Galileo, quello di Charles Robert Darwin. Darwin raccolse un mucchio di prove evidenti in favore dell'evoluzione delle specie per mezzo della selezione naturale, e lo fece con gran cura e coscienziosamente nell'arco di decenni. Poi, pubblicò un libro in cui, con argomentazioni scrupolosissime, dimostrò la realtà dell'evoluzione in modo tale che nessun biologo che ragioni ha potuto mai smentirlo, anche se c'è, e c'è stata, qualche vivace controversia sui dettagli del meccanismo evolutivo.

Allora, credete forse che la pubblica opinione si sia schierata a sostegno di Darwin e della sua drammatica teoria? Il pubblico ne era certamente al corrente, e il rumore che la teoria fece fu senz'altro drammatico! Pensate: le specie viventi che si sviluppano attraverso la pura mutazione casuale e la selezione naturale, e gli esseri umani che si sviluppano da creature simili alle scimmie. Quale drammaticità! Nessuno scrittore di fantascienza ha mai immaginato niente di tanto rivoluzionario, sconvolgente e dissacrante quanto risultò l'evoluzione delle specie per persone che fin dalla prima

infanzia avevano ritenuto una verità rivelata e assoluta che Dio avesse creato tutte le specie nello spazio di pochi giorni e che l'uomo, in particolare, fosse stato creato a immagine e somiglianza di Dio.

Credete ancora che l'opinione pubblica abbia sostenuto Darwin, e ne sia stata entusiasta, e lo abbia reso ricco e famoso, e abbia attaccato il potere scientifico per averlo perseguitato? Sapete bene che non è stato così. Il sostegno che Darwin ricevette venne soltanto dagli scienziati. (Il sostegno, che qualunque eretico scientifico che ragioni ottiene, viene sempre dagli scienziati, anche se all'inizio si tratta di solito di una esigua minoranza di essi.)

In effetti, la pubblica opinione non solo era contraria a Darwin allora, ma lo è anche adesso. Ho il forte sospetto che se negli Stati Uniti si facesse oggi un referendum per decidere sulla questione se l'uomo sia stato creato tutt'intero e in un solo istante dal fango, oppure nel corso di milioni di anni attraverso i sottili meccanismi della mutazione e della selezione naturale, una grande maggioranza voterebbe per il fango.

Ci sono altri casi, meno famosi, nei quali la pubblica opinione non si unì ai persecutori solamente perché non sentì mai parlare della controversia.

Negli anni intorno al 1830, il più grande chimico vivente era lo svedese Jons Jakob Berzelius. Berzelius aveva una sua teoria sulla struttura dei composti organici, basata sulle prove disponibili in quell'epoca. Il chimico francese August Laurent raccolse prove aggiuntive, che dimostrarono l'inadeguatezza della teoria di Berzelius, e formulò una sua propria teoria alternativa, che allora era certamente esatta e che, nei punti essenziali, è valida ancor oggi.

Berzelius, ormai in età avanzata e molto conservatore, fu incapace di accettare la nuova teoria. Reagì furibondo, e nessuno dei chimici più rinomati e importanti del tempo ebbe la forza di opporsi al grande svedese.

Laurent tenne duro e continuò ad accumulare prove. Ma per questo suo lavoro ottenne, come ricompensa, di essere escluso dai laboratori di ricerca più famosi e obbligato a rimanere in provincia. Si ammalò poi di tubercolosi, che si ritiene abbia contratto in conseguenza del freddo sopportato lavorando in laboratori poco riscaldati, e morì nel 1853, all'età di soli quarantasei anni.

Morti sia Laurent sia Berzelius, la nuova teoria cominciò a guadagnare terreno. Un chimico francese, che all'inizio aveva appoggiato Laurent, ma che si era poi ritirato di fronte al malcontento di Berzelius, riesaminò la teoria e l'accettò, tentando addirittura di farla apparire, più tardi, come propria. (Anche gli scienziati sono umani!)

E questo non è neppure il record più triste. Robert Mayer, a causa del suo primato nella scoperta della legge di conservazione dell'energia, fu condotto alla pazzia. Ludwig Boltzmann, per i suoi studi sulla teoria cinetica dei gas, arrivò al suicidio. L'opera di entrambi è oggi accettata ed elogiata oltre misura.

Ma la massa del pubblico cosa ha avuto a che fare con tutti questi casi? Niente. Non ne sentì neanche mai parlare. Non se ne preoccupò mai. Non toccavano infatti alcuno dei suoi grandi interessi. In realtà, in un eccesso di cinismo, potrei anche dire che in tutti i casi in cui gli eretici avevano ragione, la gente intuì la verità, ma si limitò a sbadigliare.

Questo stato di cose continua anche nel ventesimo secolo.

Nel 1912 un geologo tedesco, Alfred Lothar Wegener, presentò al mondo le sue teorie sulla deriva dei continenti. Riteneva infatti che tutti i continenti formassero inizialmente una singola massa di terre e che quest'unica massa, la "Pangea", si fosse spaccata, suddividendosi in varie parti (i continenti attuali) che si erano allontanate l'una dall'altra. Avanzò anche l'ipotesi che la crosta terrestre galleggiasse sulla cedevole, semisolida roccia sottostante, e che i continenti stessero ancora allontanandosi l'uno dall'altro, sempre scorrendo.

Sfortunatamente, le varie misurazioni sembravano dimostrare che la roccia sottostante la crosta terrestre fosse molto solida, anzi troppo rigida perché i continenti potessero andare alla deriva, e le opinioni del geologo tedesco furono respinte e persino disprezzate. Per mezzo secolo i pochi che sostennero le idee di Wegener ebbero qualche difficoltà a ottenere nomine accademiche.

Poi, dopo la Seconda Guerra Mondiale, le nuove tecniche di esplorazione dei fondi marini hanno reso possibile la formulazione del modello della tettonica globale, la scoperta dell'espansione recente dei fondi oceanici, la dimostrazione dell'esistenza delle zolle o piastre della crosta terrestre, e, di conseguenza, è diventato evidente che la litosfera (l'involucro esterno rigido della Terra) consiste in un certo numero di grandi "blocchi di copertura" in costante movimento relativo e che i continenti si spostano insieme con questi blocchi in scorrimento. La deriva dei continenti, o "tettonica a zolle" come più correttamente viene chiamata, è così diventata la pietra miliare della moderna geologia.

Io ho personalmente partecipato a questo processo di conversione. Nelle prime due edizioni della mia *Guide to Science* avevo parlato della deriva dei continenti, ma avevo respinto con foga la teoria in non più di un paragrafo. Nella terza edizione le ho dedicato invece parecchie pagine, ammettendo di avere avuto torto a rifiutarla in modo così affrettato. (In realtà, questa non è una colpa di cui vergognarsi: se si ha fiducia nelle prove evidenti, si *deve* cambiare opinione appena si aggiungano nuove prove che invalidano le precedenti conclusioni. Soltanto coloro che sostengono determinate idee per ragioni emotive non sono in grado di cambiare opinione: le prove aggiuntive non hanno alcun effetto sui sentimenti!)

Se Wegener non fosse stato un vero scienziato, sarebbe senz'altro diventato ricco e famoso. Gli sarebbe bastato prendere il concetto di deriva dei continenti e portarlo sulla Terra per spiegare i miracoli della Bibbia. La frattura della Pangea avrebbe potuto essere la causa, o la conseguenza, del Diluvio Universale. La formazione della Grande Spaccatura Africana (le fosse tettoniche dell'Africa orientale) avrebbe potuto aver fatto sprofondare Sodoma. E gli Ebrei avrebbero potuto attraversare il Mar Rosso perché, ai loro tempi, era largo sì e no un chilometro. Se Wegener avesse scritto tutto ciò, il suo libro sarebbe andato a ruba, e lui avrebbe potuto incassare felicemente sostanziosi diritti d'autore.

E comunque, se qualche lettore vuole provarcisi adesso, a scrivere il libro, è ancora in tempo ad arricchirsi. Ma chiunque volesse segnalare questo articolo come ispiratore del suo libro, verrebbe senz'altro ignorato dalla massa dei "veri credenti", ve l'assicuro.

Eccovi dunque una nuova versione del Corollario di Asimov. Potrete usarla come

guida per decidere a cosa credere e che cosa rifiutare di credere: «Se un'eresia scientifica è ignorata o combattuta dall'opinione pubblica, esiste la probabilità che sia giusta. Se un'eresia scientifica viene emotivamente appoggiata dall'opinione pubblica, quasi certamente è sbagliata».

Avrete notato che, nelle due versioni del Corollario di Asimov, sono stato bene attento a non compromettermi. Nella prima versione ho detto che gli scienziati hanno «probabilmente ragione»; nella seconda ho detto che il pubblico ha «quasi certamente» torto. Io non sono mai tassativo, e lascio spazio alle eccezioni.

Ahimè, non solo la gente è umana, e non solo gli scienziati sono umani, lo sono anch'io! E vorrei tanto che l'Universo fosse come lo desidero io, cioè coerente e logico in tutto. E vorrei tanto, anche, che i giudizi emotivi fossero *sempre* sbagliati!

Per mia disgrazia, però, non posso far sì che l'Universo sia come lo vorrei; ma uno degli elementi che fa di me un essere razionale è proprio la coscienza di ciò.

Eppure, nel corso della storia, devono esserci stati casi in cui la scienza abbia detto “No” e l'opinione pubblica, per ragioni unicamente emotive, abbia detto “Sì”, e poi si sia dimostrato che la seconda era nel giusto. Pensiamoci un attimo: in mezzo minuto vi trovo un esempio. Eccolo.

Nel 1798 un medico inglese, Edward Jenner, seguendo uno di quei racconti di vecchie comari che appartengono al tipo di prove aneddotiche che io disprezzo, si mise a fare esperimenti per vedere se il leggero malessere causato dal vaiolo vaccino rendesse davvero immuni dalla mortale e terribile malattia del vaiolo. (Come voi stessi potete vedere, non era soddisfatto della prova aneddótica, e perciò “sperimentò”.) Trovò quindi che le vecchie comari avevano ragione e introdusse la tecnica della vaccinazione antivaiolosa.

Di fronte alla nuova tecnica, il potere medico del tempo reagì con dubbi e sospetti. Se essa fosse rimasta nelle sue mani, a quest'ora sarebbe morta e sepolta.

Ma il consenso generale della pubblica opinione alla vaccinazione fu immediato e schiacciante: la nuova tecnica si diffuse in tutta Europa, la famiglia reale d'Inghilterra fu vaccinata, il Parlamento britannico stanziò un'elargizione di diecimila sterline a favore di Jenner, il quale, in breve, salì al rango di un semi-dio.

Non è difficile capire il perché: il vaiolo era una malattia incredibilmente spaventosa, poiché chi non ne moriva restava sfigurato in modo permanente. Di conseguenza, di fronte all'idea che con una semplice puntura di ago si potesse scongiurare il morbo, l'eccitazione dell'opinione pubblica arrivò quasi all'isteria per il desiderio che la teoria fosse vera.

E in questo caso, la gente aveva ragione! L'Universo era davvero come voleva che fosse. Diciotto mesi dopo l'introduzione della vaccinazione antivaiolosa, per esempio, il numero di morti per vaiolo nella sola Inghilterra si era ridotto di due terzi.

Così, le eccezioni esistono veramente, e la fantasia popolare ha talvolta ragione.

Ma non molto spesso. Mi sento perciò obbligato ad avvertirvi che non perdo certo il sonno pensando alla possibilità che uno qualsiasi degli attuali temi che entusiasmano la gente sia vicino a diventare scientificamente valido. Non ci perdo neanche un'ora, io, di sonno; neanche un minuto!

La mia opinione sull'Aldilà

The Subtlest Difference, 1977
Traduzione di Pierluca Serri
Urania n. 758 (24 settembre 1978)

Dal momento che nei miei articoli tratto sempre gli argomenti più diversi, e sempre dall'alto della mia autorità di superesperto, potrebbe fare un gran bene ai miei gentili lettori se, di tanto in tanto, dessi una dimostrazione della mia ottusità. Perciò ho deciso di darla, e la cosa non mi spiace affatto anche perché ho sotto mano parecchi esempi tra cui scegliere.

Eccone uno. Circa due settimane fa sedevo tra il pubblico di una conferenza tenuta da un investigatore privato. Argomento: la sua professione. L'oratore era un giovane di bell'aspetto, buon parlatore. Era un piacere ascoltarlo.

Raccontava in che modo aveva aiutato un grosso malfattore a cavarsela, riuscendo a dimostrare che la polizia aveva condotto su di lui un'indagine illegale. Spiegò poi di sentirsi la coscienza a posto nel cercare di togliere dai guai persone che, senz'ombra di dubbio, erano dei criminali, perché:

- 1) secondo la Costituzione hanno diritto anche loro alla miglior difesa possibile;
- 2) se i sistemi dell'accusa sono imperfetti, i criminali verrebbero comunque rimessi in libertà dopo il giudizio in appello;
- 3) pretendendo che il procedimento sia regolare fino all'ultimo dettaglio, proteggiamo la comunità, noi stessi compresi; da un Governo che senza la nostra costante vigilanza potrebbe facilmente trasformarsi in una tirannide.

Il discorso mi convinse. Sa il fatto suo, pensai.

Poi passò agli aneddoti umoristici, uno dei quali riguardava un professionista separato dalla moglie, che conviveva con la sua segretaria. Desiderando liberarsi anche della segretaria, il tizio aveva chiesto all'investigatore di seguirla e di fare in modo che lei si accorgesse di essere pedinata. La segretaria sarebbe quindi andata da lui per dirgli che era seguita, e lui avrebbe potuto dirle: — Tesoro, è senz'altro mia moglie. Mi sta alle calcagna. Dobbiamo separarci.

Ma, nonostante che l'investigatore avesse fatto di tutto per essere notato; la segretaria non se n'era data per intesa, e il piano era fallito.

A quel punto alzai la mano e, per pura ottusità, feci una domanda decisamente sciocca. — Posso capire le questioni costituzionali implicite nel prestare la propria opera a un criminale — dissi, — ma qual è la questione costituzionale implicita nell'aiutare un individuo a giocare uno sporco tiro a una povera donna? Perché vi siete prestato al gioco?

L'investigatore mi guardò sbigottito e rispose: — Ma mi aveva pagato!

Tutto il pubblico ridacchiava sotto i baffi, e qualcuno si dava perfino di gomito, facendomi capire che, lì dentro, l'unico che avesse bisogno di farsi spiegare certe cose ero io.

In effetti l'ilarità che avevo suscitato fu tanto evidente che non ebbi il coraggio di fare la domanda successiva, che sarebbe stata questa: — Ma se la professione di investigatore privato vi espone alla tentazione di fare lavori poco puliti solo per denaro, perché non cambiate mestiere?

Suppongo che anche per questa domanda esista una risposta semplicissima, che la mia ottusità m'impedisce di vedere.

A questo punto, dopo avervi avvertito della mia totale incapacità di capire cose piuttosto semplici, voglio trattare un argomento decisamente difficile: il problema della vita e della morte.

Ma, tenendo presente quello che vi ho “confessato”, niente di quanto dirò dovrà essere considerato come proveniente da fonte autorevole, o qualcosa di diverso dalla mia opinione personale. Di conseguenza, se non sarete d'accordo con me, sappiate che sarete anche liberi di continuare a non esserlo.

Cos'è la vita? Cos'è la morte? E come facciamo a distinguerle? Se confrontiamo un essere umano in piena efficienza con un sasso, non c'è problema.

Un essere umano è composto di determinate sostanze chimiche, intimamente connesse con la vita (proteine, acidi nucleici e così via), e un sasso no.

Inoltre, un essere umano presenta una serie di cambiamenti chimici, che costituiscono il suo “metabolismo”, per mezzo dei quali il cibo e l'ossigeno vengono convertiti in energia, tessuti organici e prodotti di scarto. Ne risulta che l'essere umano cresce e si riproduce, trasformando sostanze semplici in altre più complesse, in una apparente, ma solo apparente, sfida alla seconda legge della termodinamica. Un sasso non è in grado di fare una cosa simile.

Infine, un essere umano presenta la caratteristica della “adattabilità comportamentale”, che si esplica in uno sforzo verso l'autoconservazione, nella fuga dal pericolo e nella ricerca della sicurezza, sia attraverso i meccanismi inconsci fisiologici e biochimici, sia per mezzo della volontà consapevole, mentre un sasso non può fare altrettanto.

Ma l'antitesi uomo-sasso offre una distinzione tra vita e morte talmente semplice da risultare banale, e perfino insignificante. Quindi quello che dobbiamo fare è prendere in considerazione un caso più complesso.

Invece di esaminare le differenze tra un essere umano e un sasso, vediamo dunque di mettere a confronto una persona viva con una morta. Cerchiamo poi di complicare ulteriormente le cose chiedendoci quale sia la differenza essenziale in un essere considerato poco prima e poco dopo la morte, diciamo cinque minuti prima e dopo.

Quali cambiamenti avvengono in questi dieci minuti?

Le molecole ci sono ancora tutte, così come le proteine e gli acidi nucleici. Ciò nonostante, “qualcosa” ha cessato di essere presente, perché dove il metabolismo e l'adattabilità comportamentale erano in funzione, per quanto debolmente, prima della morte, dopo la morte non lo sono più.

Una scintilla di vita è svanita. Di cosa si tratta, in realtà?

Relativamente a questo punto una prima congettura può riguardare il sangue. È molto facile supporre che esista un rapporto particolare tra il sangue e la vita, un rapporto assai più stretto e intimo che tra vita e altri tessuti. In fin dei conti, quando

una persona perde sangue, s'indebolisce gradualmente ma costantemente, finché non sopraggiunge la morte. Allora, forse, è il sangue la vera essenza della vita, o meglio, la vita stessa.

Un residuo di questa teoria lo si può trovare nella Bibbia, che in alcuni passi identifica la vita con il sangue.

Ad esempio, dopo il Diluvio Universale, Noè e la sua famiglia, unici esseri umani scampati alla catastrofe, ricevono da Dio l'insegnamento su quello che possono mangiare. In una parte di questa pratica di dietetica, Dio dice: «Solo non mangerete la carne che abbia ancora la sua vita cioè il sangue». (*Genesi*, 9-4).

In un altro passo sull'alimentazione, Mosé riferisce che Dio è stato anche più esplicito e ha detto: «Ma guardati assolutamente dal mangiare il sangue, perché il sangue è la vita: non mangiare dunque la vita con il sangue». (*Deuteronomio*, 12-23). Espressioni simili sono ripetute nel *Levitico* (17-11 e 17-14). Evidentemente, la vita è il dono di Dio e non può essere mangiata, ma una volta che il sangue sia stato tolto, quello che rimane è essenzialmente una cosa morta, lo è sempre stata, e perciò può essere mangiato.

Da questo punto di vista le piante non possono essere considerate veramente vive, poiché non hanno sangue. Le piante non vivono, più semplicemente vegetano, e il loro unico scopo è di fornire cibo.

Per esempio, nel *Genesi* (1-29,30) Dio dice agli esseri umani che ha appena creato: «Ecco, io vi do ogni erba produttore semente che è sulla superficie di tutta la terra, e ogni albero che ha frutto di albero produttore seme: vi servirà da cibo. Ad ogni animale della terra, ad ogni volatile del cielo, a tutto quanto striscia sopra la terra ed ha anima vivente do per cibo il verde dell'erba».

Le piante possono solo "produrre seme", mentre gli animali hanno "anima vivente".

Oggi, naturalmente, questa distinzione non esiste più per noi. Le piante sono vive quanto gli animali, e in loro la linfa compie funzioni analoghe a quelle del sangue. Tuttavia, anche considerando soltanto gli animali, la teoria del sangue non potrebbe più essere sostenuta. Infatti, sebbene la perdita di una certa quantità di sangue porti inevitabilmente alla morte, non è vero il contrario, dato che è possibile morire anche senza perdere una sola goccia di sangue. Succede, anzi, molto di frequente.

Concludendo, dal momento che la morte può sopraggiungere, stando all'evidenza, anche quando non si perde niente di materiale, la scintilla di vita che andiamo cercando va trovata in qualcosa di più impercettibile del sangue.

Si potrebbe allora prendere in considerazione il respiro. Tutti gli esseri umani e tutti gli animali respirano.

Se riflettiamo sul respiro, vediamo che, rispetto al sangue, rispecchia in modo molto più adeguato il concetto di essenza della vita. Noi espiriamo e inspiriamo senza interruzione. L'incapacità di inspirare dopo aver espirato porta inevitabilmente alla morte. Se ad una persona viene preclusa la possibilità di inspirare, sia con una pressione fisica sulla trachea, sia a causa di un osso che le si conficchi in gola, sia per immersione in acqua, quella persona muore. La mancanza di respiro è sicuramente fatale quanto la perdita di sangue, anzi la morte per soffocamento è molto più rapida di quella per dissanguamento.

Per di più, mentre il contrario non è vero per il sangue (perché si può morire anche

senza perdere sangue), per il respiro lo è, nel senso che non si può morire se si è ancora in grado di respirare. Un essere umano in vita continua a respirare, sia pure debolmente, non importa quanto vicino sia a morire. Ma, dopo la morte, non respira più, e questo è sempre e inevitabilmente vero.

Oltre a ciò, il respiro stesso è qualcosa di estremamente impalpabile. È invisibile, intoccabile e quindi ai popoli antichi appariva immateriale. Era proprio quella specie di sostanza che poteva, e doveva rappresentare l'essenza della vita, e di conseguenza anche l'impalpabile differenza tra la vita e la morte.

Perciò nel *Genesi* (2-7) la creazione di Adamo è così descritta: «Allora il Signore Iddio con la polvere del suolo modellò l'uomo, gli soffiò nelle narici un alito di vita e l'uomo divenne essere vivente».

La parola “respiro” in lingua ebraica è *ruakh*, che viene reso con “spirito”.

Questa identità fra “respiro” e “spirito” sembra alquanto forzata, ma in realtà non lo è. Le due parole sono letteralmente uguali. Il verbo latino *spirare* significa “respirare” e il sostantivo *spiritus* equivale a “respiro”. La parola greca *pneuma*, che vuol dire “respiro”, si riferisce anche allo “spirito”. La parola inglese *ghost* (spirito, e anche spettro) deriva da un vocabolo anglosassone che significa “respiro”. La parola, sempre della lingua inglese, *soul* (anima) è di origine incerta, ma sono convinto che se ne conoscessimo l'origine anche in questo caso ci ritroveremmo di fronte la parola “respiro”.

Poiché in inglese abbiamo la tendenza a usare vocaboli di derivazione latina e greca, dimenticandone poi il significato originario, attribuiamo imponenza a concetti che non ne hanno.

Infatti noi parliamo degli “spiriti dei morti”. Il significato sarebbe esattamente lo stesso, e farebbe molto meno impressione, se parlassimo del “respiro dei morti”. E “Spirito Santo” vuol dire essenzialmente “respiro di Dio”.

Si potrebbe obiettare che il significato letterale delle parole non significa niente, che i più importanti concetti esoterici devono essere espressi con parole semplici, e che queste parole traggono il loro significato dai concetti e non viceversa.

D'accordo. Forse, se si crede che la conoscenza venga instillata nell'uomo direttamente da una rivelazione soprannaturale, si può anche accettare questo punto di vista. Ma io ritengo che la conoscenza provenga dal basso, dall'osservazione empirica, dal pensiero semplice e naturale che costruisce un concetto primitivo, il quale poi cresce a grado a grado in complessità e astrazione, in proporzione all'aumento della conoscenza complessiva. Perciò l'etimologia è la traccia che va seguita per arrivare al pensiero “originale”, ormai soffocato da millenni di astrusa filosofia. Ritengo anche che la gente comune avesse notato nel modo più ovvio e diretto la connessione esistente tra il respiro e la vita, e che tutti i concetti filosofico-teologici di spirito e anima siano stati elaborati successivamente.

Lo spirito umano è forse così impersonale e informe come il respiro da cui prende il nome? E gli spiriti di tutti gli esseri umani ormai morti sono proprio amalgamati in una massa confusa e omogenea di vita generalizzata e indefinita? È arduo credere a teorie del genere. Dopo tutto, ogni essere umano è distinto dagli altri, e ne differisce per vari aspetti, sia impercettibili, sia meno impercettibili. Può quindi sembrare

naturale supporre che l'essenza della sua vita sia in qualche modo diversa da quella degli altri. Perciò ogni spirito dovrebbe mantenere questa differenza, conservando in certa misura l'aspetto del corpo in cui ha dimorato e al quale ha conferito una vita individuale.

E se ogni spirito reca l'impronta che dava al corpo le sue caratteristiche proprietà, si è tentati di supporre che lo spirito, sebbene in maniera indefinibile, eterea e impalpabile, possiede la forma e l'apparenza del corpo che un tempo abitava. Questa opinione può essere stata sostenuta dal fatto che non è raro vedere in sogno persone morte, come se fossero ancora vive. Nei tempi antichi (e anche in quelli moderni, se è per questo) si attribuì spesso ai sogni il significato e l'importanza di messaggi provenienti da un altro mondo, cosa che li rendeva una valida prova, apparente, del fatto che gli spiriti somigliavano ai corpi che avevano lasciato.

Per salvarne il pudore, non per altro, questi spiriti vengono solitamente raffigurati con bianchi abiti dai contorni indefiniti, fatti di nebbia luminescente o addirittura di luce radiosa, il che ha dato origine, nei fumetti, alle vignette di spettri e spiriti vestiti con lenzuola di bucato.

Inoltre, è naturale supporre che uno spirito sia immortale. Infatti, come può morire la reale essenza della vita? Un oggetto materiale può essere vivo o morto, secondo che contenga o non contenga l'essenza della vita, ma quest'ultima non può che essere viva, sempre.

Questo ragionamento è analogo alla constatazione che una spugna può essere umida o asciutta, secondo che contenga o non contenga acqua, mentre l'acqua in sé non può che essere umida, o che una stanza può essere illuminata o buia, secondo che i raggi solari vi penetrino o non vi penetrino, mentre i raggi solari possano essere solo luce³.

Posto che si abbia una certa quantità di spiriti o anime viventi per l'eternità, che alla nascita entrano in una massa informe di materia dandole vita e l'abbandonano successivamente lasciandola morire, dovrebbe esistere un enorme numero di spiriti, uno ogni essere umano che è mai vissuto e che mai vivrà. Questo numero sarebbe poi destinato a crescere in modo spropositato, nel caso esistessero spiriti anche per altre forme di vita. Potrebbe invece diminuire se gli spiriti venissero, per così dire, riciclati, qualora cioè lo spirito di un morente si trasferisse nel corpo di un neonato.

Le due teorie hanno entrambe i loro sostenitori, sia singolarmente sia insieme, cosicché vi sono alcuni che credono nella trasmigrazione delle anime attraverso tutto il regno animale. Una persona che abbia tenuto una condotta di vita particolarmente riprovevole, in base alla teoria composita può quindi rinascere, poniamo, nel corpo di uno scarafaggio, e viceversa uno scarafaggio può rinascere uomo, se il suo comportamento è sempre stato nobile e virtuoso.

Comunque l'interpretate, sia che gli spiriti siano esclusiva degli esseri umani o che siano diffusi in tutto il regno animale, sia che esista la trasmigrazione delle anime o che non esista, deve per forza esserci sempre un buon numero di spiriti tenuti in serbo

³ Entrambi questi punti possono essere messi in discussione, facendo notare che l'acqua, a una temperatura inferiore a quella di congelamento, oppure l'acqua sotto forma di vapore, non è affatto umida, e che i raggi del Sole, se appartengono alle frequenze infrarossa o ultravioletta, non sono luce, in apparenza. Ma adesso io sto cercando di ragionare come un filosofo e non come uno scienziato, almeno in questo capoverso. (N.d.A.)

per dare la vita e riprendersela. Ma dove li metteranno, intanto?

In altre parole, una volta accettato il concetto di spirito, si deve accettare anche l'esistenza di un intero mondo di spiriti, che può essere collocato sottoterra, o molto in alto nel cielo, o altrove in qualche parte nell'universo, su un altro mondo a su un altro "piano".

L'ipotesi più semplice è che gli spiriti dei morti siano accatastati tutti insieme sottoterra, forse perché la pratica di seppellire i morti è antichissima, mentre la loro dimora sotterranea è generalmente immaginata come una grigia zona di oblio, simile all'Ade greco o allo Sheol ebraico, in cui lo stato normale è quasi un'ibernazione perpetua. Nella Bibbia lo Sheol è descritto così: «Ivi i malvagi cessano dall'ira, ivi gli stanchi riposano. I prigionieri stanno insieme tranquilli, non odono la voce dell'aguzzino. Piccolo e grande colà si trovano; e il servo è libero dal padrone». (*Giobbe* 3-17, 18)

Questo non essere per molti è insufficiente, e il bruciante senso di ingiustizia che gli deriva dalle vicissitudini della vita li induce ad immaginare un luogo di tortura post-mortem, dove gli spiriti delle persone che detestano ricevono la giusta punizione. Vedansi il Tartaro greco o l'Inferno cristiano.

Il principio di simmetria esige quindi che esistano anche luoghi di beatitudine per le persone che loro amano, come il Paradiso, le Isole dei Beati, Avalon, i Felici Territori di Caccia...

Tutta questa massiccia struttura escatologica ha origine dal fatto che i vivi respirano e i morti no, e anche dal fatto che i vivi vogliono disperatamente credere che non moriranno mai del tutto.

Naturalmente al giorno d'oggi sappiamo che il respiro, proprio come il sangue, non ha niente a che fare con l'essenza della vita, e che, come il sangue, è semplicemente un elemento che ci mantiene in vita. Né è immateriale, inconsistente e misterioso come si credeva. Il respiro è materiale come il resto del corpo, ed è composto di atomi non diversi da tutti gli altri atomi.

Eppure c'è ancora chi, nonostante tutto, crede nella vita dopo la morte, non importa quanto sappia, a livello di scienza, sui gas, sugli atomi e sul ruolo dell'ossigeno. Perché?

La ragione principale è che la gente, senza curarsi dell'esistenza o della mancanza di prove sperimentali, vuole credere. E, credendo, viene spinta a credere anche all'irrazionale.

La Bibbia parla di spiriti, di anime e di vita dopo la morte. In un passo, persino Saul convince una strega a evocare dallo Sheol lo spirito del defunto Samuele (*Libro Primo di Samuele* 28-7,20). Questo è quanto basta a milioni di persone per credere, ma le moderne generazioni, laiche e scettiche, non sono affatto disposte ad accettare indiscriminatamente le affermazioni contenute in quella grande collezione di antiche leggende e poesie della tradizione ebraica, che è la Bibbia.

Ma ci sono le prove di testimoni oculari, mi si dirà. Allora chiedo: quante persone hanno riferito di avere visto spettri e spiriti? Milioni? D'accordo. Ma se anche nessuno dubita della realtà di un così elevato numero di testimonianze, chiunque può dubitare che questi milioni di persone abbiano realmente visto quello che dicono di aver visto..

Io non posso assolutamente credere che un individuo razionale, accetti come vere queste favole.

Esiste poi addirittura il culto dello “spiritismo”, che proclama la capacità, da parte di “medium”, di entrare in contatto con il mondo degli spiriti. Questo culto ha prosperato e ha attratto non solo gli ignoranti, gli incolti e i semplici, ma anche, e nonostante la scoperta d’innumerabili trucchi grossolani, personaggi di notevole levatura intellettuale, come A. Conan Doyle e Sir Oliver Lodge. Tuttavia la grande maggioranza delle persone ragionevoli non crede affatto nella spiritismo.

E ancora; circa vent’anni fa venne pubblicato un libro intitolato *The Search of Bridey Murphy*⁴, in cui si raccontava di una donna che si supposeva posseduta dallo spirito di una irlandese morta decenni prima, con la quale si poteva anche comunicare, una volta ipnotizzata l’“ospite”. Per un certo periodo questo fatto fu portato come prova della vita dopo la morte, ma oggi non viene più preso sul serio.

Ma allora c’è o non c’è qualche prova della vita dopo la morte che possa considerarsi scientifica e razionale?

Da poco, pochissimo tempo, c’è chi afferma che tale prova esiste. Un medico, Elizabeth Kuhler-Ross, ha presentato un certo numero di dichiarazioni, che lei dice di aver ricevuto da persone in punto di morte, che sembrano indicare l’esistenza di una vita dopo la morte. Dopo di che sono stati pubblicati interi scaffali di libri sull’argomento, dato che ogni libro diventa ovviamente un grosso successo di vendita tra i creduloni.

Secondo queste voci recenti, un certo numero di persone, che per un periodo più o meno lungo di tempo si sono trovate nello stato di “morte clinica”, sono comunque riuscite ad aggrapparsi alla vita, a guarire, e poi a raccontare le esperienze fatte durante la “morte”.

A quanto pare rimanevano tutte coscienti, si sentivano in pace e felici, osservavano il proprio corpo dall’alto, andavano e venivano attraverso oscure gallerie; incontravano gli spiriti di parenti e amici defunti, e in qualche caso s’imbattevano in uno spirito amichevole, splendente di luce, che doveva condurli in qualche posto.

Fino a che punto si deve credere a queste dichiarazioni?

A mio parere neanche un po’.

E non è neppure necessario ritenere che le persone “morte” mentano sulle loro esperienze. Un individuo tanto vicino alla morte da essere considerato “cl clinicamente morto” non può aver conservato il pieno possesso di tutte le sue facoltà mentali. Per alcuni istanti la sua mente potrebbe avere sofferto di allucinazioni del tutto uguali a quelle che colpiscono la mente umana per mille altre ragioni: alcool, droga, mancanza di sonno. Il o la morente avrebbe quindi sperimentato quello che si aspettava o voleva sperimentare. (Nessuna delle dichiarazioni, comunque, parla di inferno o di demoni.)

I sostenitori della vita oltre la morte controbattono dicendo che persone di ogni condizione sociale, persino dell’India non cristiana, raccontano cose analoghe, e questo li porta a credere che nelle allucinazioni vi sia un fondo di verità oggettiva. Cosa che io non accetto per due motivi:

⁴ Morey Bernstein: *Alla ricerca di Bridey Murphy*, Arnoldo Mondadori Editore, 1958. (N.d.T.)

1) racconti sull'aldilà sono diffusi in tutto il mondo. Quasi tutte le religioni hanno un aldilà, e poi i missionari cristiani e la tecnologia occidentale delle comunicazioni hanno portato ovunque le “nostre” nozioni in merito;

2) E ancora, qualunque sia l'allucinazione sperimentale, le persone uscite dal coma, probabilmente ancora deboli e disorientate, devono descriverla, e come dev'essere facile che la descrivano proprio così, in modo tale da soddisfare l'intervistatore, che solitamente è un entusiasta della vita oltre la morte, ansioso di provocare le risposte più opportune.

Chi ha esperienza di processi giudiziari sa benissimo che un essere umano, persino sotto giuramento e sotto la minaccia di una punizione, può, in tutta sincerità, ricordare male, contraddirsi e testimoniare delle assurdità. Sappiamo anche che un abile avvocato, con idonee domande, può indurre il teste, per quanto onesto, intelligente e sincero sia, a rilasciare qualsiasi testimonianza, o quasi. Ecco perché è necessario che le regole dell'evidenza logica e del doppio confronto siano sempre rigidamente seguite.

È quindi ovvio che ci vorrebbe parecchio a farmi attribuire importanza alle dichiarazioni di una persona malata, messa sotto torchio da un intervistatore ansioso, che è anche un vero credente.

Ma, in questo caso, che ne è della mia affermazione iniziale, che nel passaggio dalla vita alla morte di un uomo dev'esserci qualche cambiamento? Un cambiamento che produce una differenza non riguardante atomi e molecole?

La differenza non riguarda nemmeno il sangue, né il respiro, ma deve pur riguardare “qualcosa”!

Ed è così. C'è qualcosa che è presente durante la vita e che manca dopo la morte, e questo qualcosa è immateriale, e produce un'impalpabile differenza, la più impalpabile di tutte.

Il tessuto vivente non consiste semplicemente di molecole complesse, ma di molecole complesse in una “organizzazione complessa”. Se questa organizzazione comincia ad essere sconvolta, il corpo si ammala; se viene sconvolta a sufficienza, il corpo muore. La vita allora se n'è andata, anche se tutte le molecole sono ancora lì, intatte. Lasciate che mi spieghi con un'analogia.

Immaginate che con migliaia e migliaia di piccoli mattoni si costruisca un'intricata struttura che abbia l'aspetto di un castello medievale, con torri e merli, passaggi a volta, segrete sotterranee e via dicendo. Chi guardasse il prodotto finito potrebbe essere troppo lontano per vedere i singoli mattoni, ma vedrebbe il castello nel suo complesso.

Adesso, immaginate che un enorme gigante abbatta con una manata il castello, sparpagliandone in giro tutti i mattoni e riducendolo a un ammasso informe. I mattoni ci sono ancora tutti, non ne manca uno. E tutti, senza eccezione, sono ancora intatti e integri. Ma dov'è il castello?

Il castello esisteva solo come “organizzazione” dei mattoni, e quando l'organizzazione viene distrutta, il castello cessa di esistere. Né esiste da qualche altra parte. Il castello era stato creato dal nulla, mettendo insieme i mattoni, ed è svanito nel

nulla, una volta scompigliati e dispersi i mattoni.

Secondo la mia opinione, le molecole del mio corpo, unitamente alle altre molecole che hanno via via assorbito, si sono organizzate in una forma sempre più complessa e in una foggia unica, dissimile dall'organizzazione di ogni altro essere mai vissuto. Durante il processo, io mi sono a poco a poco evoluto in un'entità consapevole che chiamo "Io", che esiste solo come organizzazione. Quando l'organizzazione sarà per sempre scomparsa, come avverrà alla mia morte, anche l'"Io" sarà svanito per sempre.

E questo mi va bene. Nessuna concezione dell'aldilà a me nota, sia un inferno sia un paradiso, mi è mai sembrata degna di occupare la mente razionale di un essere civilizzato. Perciò preferisco di gran lunga il nulla.

La parola che ho inventato

The World I Invented, 1980
Traduzione di Laura Serra
Urania n. 882 (5 aprile 1981)

La robotica è ormai una tecnologia così sviluppata che sulla sua storia si trovano articoli e libri, e io ho seguito la cosa con stupore e con una certa incredulità, perché proprio a me si deve la sua invenzione.

No, non l'invenzione della tecnologia, ma della parola. Nell'ottobre del 1941 scrissi una storia di robot intitolata *Girotondo*, pubblicata per la prima volta nel numero di marzo del 1942 di *Astounding Science Fiction* (e in Italia nel volume *Io robot*, Oscar Mondadori); in essa elencavo, per la prima volta, le mie "Tre Leggi della Robotica". Ecco:

1. Un robot non può recar danno a un essere umano, né può permettere che, a causa del proprio mancato intervento, un essere umano riceva danno.
2. Un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani, purché tali ordini non contravvengano alla Prima Legge.
3. Un robot deve proteggere la propria esistenza, purché questa autodifesa non contrasti con la Prima e con la Seconda Legge.

Queste leggi le ho citate molte volte nei miei racconti e nei miei saggi, ma quello che è più sorprendente è che siano state citate innumerevoli volte (e molto seriamente) da altri come leggi che verrebbero sicuramente incorporate nei robot ove questi divenissero abbastanza complessi da richiederlo.

Come risultato, in quasi tutte le storie sull'evoluzione della robotica vengo menzionato in qualche modo io con le mie Tre Leggi.

Mi dà una strana sensazione sapere che mi sono conquistato una nota a piè di pagina nei manuali di storia della scienza e della tecnologia per avere inventato le basi di una scienza che all'epoca in cui ne scrissi io non esisteva. Un'epoca in cui avevo 21 anni.

Le Tre Leggi, e le numerose storie da me scritte che trattano di robot, hanno fatto sì che molta gente (dai *teenagers* entusiasti ai colti direttori di riviste specializzate nel campo) pensassero che sono un esperto in robot e computer. Come risultato, mi vengono rivolte in continuazione domande sulla robotica.

Ho pensato così di scrivere un articolo in forma di domanda-e-risposta sull'argomento. Prenderò in esame tutte le domande più importanti che mi vengono incessantemente rivolte, sperando che in tal modo nessuno senta più il bisogno di interrogarmi ancora sull'argomento (ma è un sogno: le domande continueranno, lo so).

1. Dottor Asimov, com'è che siete diventato un esperto nel campo della robotica?

Ahimè, non sono un esperto, e non lo sono mai stato. Non ho che un'idea molto vaga di come funzionino i robot. E se è per quello, anche di come funzionino i computer. Non ho mai lavorato né con i robot, né con i computer, e non so niente dei modi in cui i robot e i computer vengono usati attualmente dall'industria.

Non è che me ne vanti. Lo presento semplicemente come un dato di fatto. Mi piacerebbe sapere tutto dei robot e dei computer, ma riesco a ficcarmi nella testa solo una quantità limitata di nozioni, e benché m'ingegni giorno e notte a farlo con spietata diligenza, riesco ad incamerare nel cervello sempre soltanto una piccola frazione della somma totale del sapere umano.

2. Se le cose stanno così, dottor Asimov, com'è che avete scritto tanti racconti sui robot, visto che non sapete nulla su tale argomento?

Non mi è mai venuto in mente che dovessi conoscere l'argomento. Quando leggevo fantascienza negli anni Trenta, m'imbattei in un certo numero di storie di robot, e da quelle imparai il necessario sull'argomento.

Mi accorsi che non mi piacevano le storie in cui i robot erano una minaccia o in cui erano cattivi, perché le trovavo tecnofobiche, mentre io ero tecnofilo. Mi piacevano molto le storie in cui i robot erano personaggi positivi, come in *Elena di Tung* di Lester del Rey o in *Io, robot* di Eando Binder.

Inoltre, ritenevo che i robot non dovessero essere personaggi positivi solo perché magari erano simpatici, ma che dovessero essere concepiti tecnicamente in modo da soddisfare a certe regole di sicurezza, come qualsiasi altra macchina nell'ambito di una società tecnologicamente saggia. Perciò cominciai a scrivere storie con robot che non erano positivi e basta, ma erano positivi *perché non potevano fare a meno di esserlo*. Quello fu il mio contributo a questo particolare sottogenere del genere fantascientifico.

3. Con questo intendete dire che avevate già in mente le Tre Leggi della Robotica quando cominciaste a scrivere racconti sui robot?

Non propriamente. Avevo sì in mente il concetto, ma non ero abbastanza bravo da saperlo esprimere con le parole adatte.

La prima storia sui robot che scrissi fu *Robbie*; la scrissi nel maggio del 1939, quando avevo diciannove anni. (Apparve nel settembre del 1940 su *Super-Science Stories*, col titolo di *Uno strano compagno di giochi*.) In essa facevo dire a uno dei miei personaggi, a proposito del robot-eroe: «Semplicemente, non può fare a meno di essere fedele, buono e gentile. È una macchina: è fatta così». *Quello fu il mio primo accenno alla Prima Legge*.

In *Secondo ragione*, la mia seconda storia sui robot (apparsa nell'aprile 1941 su *Astounding*), facevo dire a un personaggio: «È garantito che i robot sono subordinati». Era un accenno alla Seconda Legge. In *Bugiardo!*, il mio terzo racconto sui robot (maggio 1941, *Astounding*), diedi una versione della Prima e della Seconda Legge dicendo che la "legge fondamentale" dei robot era: «Per nessun motivo e in alcun modo si può recare danno a un essere umano, anche se l'ordine di recare tale danno viene impartito da un altro umano».

Però non fu che con *Girotondo*, la mia quarta storia sui robot, che tutto questo

venne formulato nelle Tre Leggi, e questo successe perché John Campbell, il grande direttore di *Astounding* (ora defunto) me le snocciolò nella forma in cui le conoscete voi. Perciò mi è sempre parso che sia stato John a inventare quelle leggi, ma ogni volta che lo accusavo di questo, lui rispondeva che erano già presenti nei miei racconti, e che semplicemente io non mi ero preoccupato di estrapolarle. Forse aveva ragione.

4. Però, asserite di avere inventato voi il termine “robotica”. È così?

Sì. John Campbell, a quanto ricordo, non usò quell’espressione in relazione alle Tre Leggi. Lo feci invece io in *Girotondo*, e credo che quella sia stata la prima volta in cui la parola “robotica” è stata stampata.

A quell’epoca non sapevo che fosse un termine inventato. La fisica di solito usa il suffisso “ica” per le sue varie branche, così come appare dai termini meccanica, dinamica, elettrostatica, idraulica, e così via. Così mi parve logico che la scienza che studiava i robot si chiamasse “robotica”.

Non fu che dopo almeno una dozzina d’anni che mi resi conto di come “robotica” non fosse incluso nella seconda edizione del *Dizionario Integrato Webster*, né (mi sincerai in fretta) in nessuno degli altri dizionari che consultai. Inoltre, quando fu pubblicata la terza edizione del Webster, vidi che “robotica” continuava a non comparire.

Perciò cominciai a dire che avevo inventato io la parola, in quanto mi sembrava effettivamente che così fosse.

Nel 1973, fu pubblicato da Harper & Row il *Dizionario Barnhart dei nuovi termini inglesi*, che prendeva in esame i termini entrati nell’uso dal 1963 in poi. In esso si trova la parola “robotica”, e viene citato un passo di un mio articolo, nel quale affermo di averla inventata io. Certo, direte voi, l’affermazione viene sempre da me, ma se non altro, a conferma della cosa, c’è il fatto che i lessicografi non hanno potuto rilevare usi precedenti al mio della parola in questione.

Il termine ormai è entrato nell’uso comune, ed appare perfino nei titoli delle riviste che si occupano della tecnologia dei robot. Se devo essere franco, ammetto che mi fa piacere di avere inventato una parola che è entrata a far parte del vocabolario scientifico. (“Psicostoria”, altra parola da me inventata, è entrata nel vocabolario scientifico, ma, ahimè, non nel senso della mia invenzione.)

5. Spesso sento parlare dei vostri robot come di “robot positronici”. Perché positronici?

Quando iniziai a scrivere fantascienza, era stato scoperto da appena sei anni il positrone, una particella con tutte le proprietà dell’elettrone ma con carica opposta. Era il primo (e a quel tempo ancora l’unico) pezzetto di antimateria che fosse stato scoperto, e questo gli conferiva un certo che di fantascientifico.

Così pensai che se avessi parlato di “robot positronici” anziché di “robot elettronici”, avrei ottenuto qualcosa di esotico e futuristico, qualcosa di non convenzionale.

Inoltre, il positrone è una particella molto evanescente, almeno nel nostro mondo. Non sopravvive più di un milionesimo di secondo, prima di scontrarsi con uno dei

tanti elettroni che affollano il nostro mondo e di annullare ed essere annullato nello scontro.

Immaginai quindi dei “circuiti positronici”, lungo i quali i positroni vivessero brevemente per poi scomparire. Tali circuiti li immaginavo analoghi ai neuroni del sistema nervoso animale, così come i positroni stessi li vedevo analoghi agli impulsi nervosi. Potenziali positronici controllavano la regolarità dei circuiti, e là dove certi potenziali erano proibitivamente alti, certi pensieri o azioni diventavano praticamente impossibili. Era l’equilibrio di tali potenziali che dava luogo alle Tre Leggi. Naturalmente occorre un grande quantitativo di energia, su scala subatomica, per produrre un positrone, e questo positrone, quando s’imbatte in un elettrone e viene annientato, produce una grande quantità di energia, sempre su scala subatomica. Da dove viene l’energia che produce il positrone, e dove va l’energia che lo annienta?

Ebbene, io non lo sapevo, né mi curavo di conoscere la risposta a questa domanda. Non accennavo mai al problema. L’idea da cui partivo (e che non mi preoccupai di spiegare) era che nella tecnologia del futuro il processo sarebbe stato talmente familiare da rendere superfluo qualsiasi commento in merito; così come al giorno d’oggi nessuno sente il bisogno di fare commenti su quanto succede in un impianto elettrico quando si preme un interruttore e la lampadina del bagno s’illumina.

6. Parlare di energie positroniche mi fa venire in mente una domanda, dottor Asimov: i vostri robot da dove ricavano l’energia per compiere il loro lavoro?

Ipotizzai una qualche forma di energia nucleare (o “energia atomica”, come la si chiamava negli anni Trenta).

Quando scrissi il mio primo racconto di robot nel 1939, la fissione dell’uranio stava proprio allora venendo scoperta, ma io naturalmente non ne avevo ancora sentito parlare. Il che, però, non importava. Pressoché dal 1900 in poi, era perfettamente chiaro a tutti che all’interno dell’atomo c’era una fonte di enorme energia concentrata. Era comune in quei tempi sentire il discorso che, se si fosse potuta estrarre da un’uncia di materia, essa sarebbe stata sufficiente a far compiere a una grossa nave di linea la traversata dell’Atlantico.

Di conseguenza, nel campo della fantascienza si pensava in generale che un oggetto molto piccolo con funzioni di “congegno dell’energia atomica” potesse essere inserito in un robot e potesse farlo andare per milioni di anni, se necessario.

Quando gli anni passarono ed imparammo tante cose sugli aspetti pratici dell’energia nucleare, io avrei potuto seguire la moda del momento e mettermi a parlare dottamente di fissione dell’uranio e di barre di cadmio e così via, ma non lo feci. Credo di avere fatto bene. Continuai a non spiegare i particolari della fonte di energia, perché la cosa non c’entrava per niente con la sostanza dei racconti; e, che io sappia, il fatto che mi sia comportato così non ha causato alcun disagio ai lettori.

7. Nelle vostre prime storie di robot non menzionavate affatto i computer, eppure il cervello positronico in realtà è chiaramente un computer molto complesso, compatto, e versatile. Come mai non l’avete mai definito così?

Perché non mi venne mai in mente di definirlo così. Io mi sono formato sulla fantascienza degli anni Trenta, che era fatta da scrittori che si basavano su quello che

era stato scritto in precedenza.

Si dà il caso che il mondo della narrativa fosse pieno di oggetti dalla forma umana portati in vita artificialmente: dal Golem al mostro di Frankenstein. C'erano anche vari "automi" dalle forme umane. Cose di questo tipo erano molto diffuse. Čapek inventò la parola "robot", ma tale parola designò un concetto che esisteva già da tempo. D'altro canto, invece, dei computer non si cominciò a parlare veramente che dopo che fu costruito il primo elaboratore elettronico, durante la Seconda guerra mondiale. Prima di allora i calcolatori meccanici erano così semplici che non davano assolutamente l'idea di "macchine pensanti".

Poiché cominciai a scrivere storie di robot subito prima della Seconda guerra mondiale, i computer non facevano parte del mio bagaglio di nozioni coscienti, e non parlai di essi, né vi pensai. Eppure, nonostante questo, non potei fare a meno di introdurli, anche se non mi resi conto di farlo.

Nel mio primo racconto di robot, la mia eroina, una bambina, incontrava un "robot parlante" che «occupava con la massa ingombrante dei suoi fili e delle sue serpentine uno spazio di venticinque metri quadrati». Quando parlava si sentiva «un ronzio di meccanismi oliati». Non ero ancora riuscito a elaborare l'idea di un computer elettronico, ma avevo elaborato quella di computer meccanico. Quando scrissi il racconto *Evasione*, nel novembre 1944 (apparve nell'agosto del 1945 su *Astounding*), introdussi un'altra enorme struttura non portatile, che definivo "macchina pensante" e che chiamavo "il Cervello". Il racconto fu scritto circa all'epoca in cui il primo computer elettronico, l'ENIAC, faceva la sua apparizione, ma io, naturalmente, non ne sapevo nulla.

Alla fine cominciai a scrivere veramente storie di computer. Credo che la prima sia stata *Oggi si vota* (vedi *Urania* n. 690), che apparve nell'agosto del 1955 su *If*. Tuttavia non resi mai del tutto differenti tra loro i robot e i computer, e ritengo di avere avuto ragione a fare così. Per me un robot è un computer mobile e un computer un robot immobile. Da ora in poi dunque, quando parlerò di robot in questo articolo, vi prego di ricordarvi che usando questa parola includo nel concetto anche i computer.

8. Ma, a pensarci bene, perché i robot hanno forma umana? Non è certo la forma più funzionale.

Anche qui è questione di storia. Il robot rientra nella tradizione dell'"uomo artificiale", che è presente fin dai tempi antichi.

È una questione di rappresentazione. Cos'è più efficace, rappresentativamente parlando, della creazione di un essere umano artificiale? Così abbiamo il mitico inventore greco, Dedalo, che costruisce un uomo di bronzo, Talos, perché sorvegli le coste di Creta. E ancora, quale eresia maggiore che tentare di imitare il Creatore inventando un essere umano artificiale? E così abbiamo il fatale atto di presunzione di Victor Frankenstein.

Con un simile retroterra culturale, gli scrittori di fantascienza non potevano ovviamente pensare a macchine intelligenti senza renderle antropomorfe. L'intelligenza e la forma umana apparivano troppo strettamente connesse per poter essere divise. Fu solo con la nascita del computer elettronico, che presenta una sorta di intelligenza artificiale senza avere per necessità una forma definita, che i robot

cominciarono a essere considerati computer mobili e non furono più costretti ad avere forma umana.

Così, il robot di grande successo di *Guerre stellari*, R2D2, aveva forma di idrante, e sembra che proprio per questo sia stato giudicato molto bello, specie, per qualche ragione, dal pubblico femminile (in altra sede, io ho sottolineato che R2D2 ha un aspetto fallico).

E se proviamo a entrare nel mondo dei robot veri, quelli che sono usati attualmente dall'industria, troviamo solo accenni estremamente vaghi, se non inesistenti, alla forma umana. Ma bisogna dire che tali robot sono ancora molto primitivi e possono svolgere compiti molto limitati. Può darsi che quando i robot saranno più versatili e avranno una gamma più vasta di funzioni, avranno anche forma più simile a quella umana.

Le ragioni per cui penso questo sono due:

- a) La nostra tecnologia è costruita in funzione della forma umana. I nostri strumenti, i nostri apparecchi, i nostri mobili sono costruiti per essere usati da esseri umani. Si adattano alle nostre mani, alle nostre natiche, ai nostri piedi, al nostro modo di muoverci e di comportarci. Se facessimo dei robot dotati delle stesse nostre proporzioni, con appendici simili alle nostre, e che si muovessero come noi, essi potrebbero usare tutti i nostri strumenti e le nostre apparecchiature. Potrebbero vivere nel nostro mondo, sarebbero tecnologicamente compatibili con noi.
- b) Più fossero simili a noi, più risulterebbero accettabili. Può darsi che una delle ragioni per cui i computer suscitano tanta antipatia e tanta paura in persone che per gli altri versi avrebbero un'intelligenza normale, sia che non hanno forma umana e che sono visti quindi come elementi disumanizzanti.

9. Allora, secondo voi, quando avremo dei robot come quelli che descrivete voi, così intelligenti e versatili, e soggetti alle Tre Leggi?

Chi può dirlo? Dato il ritmo con cui si evolve la tecnologia dei computer, mi sembra che non sia impossibile che nel giro di un secolo si riesca ad incorporare abbastanza intelligenza e versatilità in un congegno grande come un cervello umano al fine di produrre un robot discretamente intelligente.

D'altro canto però, una tecnologia abbastanza avanzata potrebbe rivelarsi insufficiente. La civiltà infatti potrebbe non durare così a lungo da permettere ai robot di arrivare ad un simile grado di perfezione. O, anche se durasse, il perfezionamento dei robot potrebbe essere impedito da pressioni sociali e psicologiche. Magari la mia idea che robot dall'aspetto umano possano essere più bene accettati si dimostrerà errata. Magari, al contrario, essi appariranno terrificanti alla gente (cosa, a proposito, che do per scontata nelle mie storie di robot).

Ma anche ammettendo che ci fossero le necessarie premesse tecnologiche, e che non si verificassero resistenze sociali, la tecnologia potrebbe prendere una direzione diversa da quella che io ho originariamente immaginato.

Perché, per esempio, ciascun robot dovrebbe avere un cervello indipendente, viste le enormi spese e i rischi di danno che questo comporterebbe?

Avrebbe certamente più senso fare in modo che ci sia un qualche computer centrale responsabile delle azioni di più robot. (Una simile eventualità è menzionata nel mio

racconto di robot più recente, *L'uomo bicentenario*, vedi "Robot" n. 30). Il computer centrale responsabile di uno squadrone di robot potrebbe essere anche molto grande, non dovendo essere mobile, e, anche se costoso, non sarebbe certo così costoso come uno squadrone di cervelli separati e molto compatti. Inoltre, il computer centrale immobile potrebbe essere ben protetto e non correrebbe il rischio di subire quei danni che potrebbero invece facilmente subire i robot mobili.

Ciascun robot mobile potrebbe, mettiamo, avere una lunghezza d'onda caratteristica cui reagire e attraverso cui collegarsi alla sua parte di cervello centrale. Non avendo un cervello suo, il robot potrebbe essere usato con molta maggiore facilità nelle imprese pericolose. Lo svantaggio sarebbe che dipenderebbe dalle comunicazioni elettromagnetiche, che probabilmente potrebbero essere disturbate sia con mezzi naturali, sia con mezzi tecnologici. In altre parole, in questo modo sarebbe molto più facile avere robot mal funzionanti o non funzionanti del tutto.

10. Visto che avete menzionato l'eventualità di un robot funzionante male, potreste dire quanto ritenete sicure le Tre Leggi? Non vi paiono un po' ambigue? Come definite un essere umano? Cosa intendete per recare danno?

Le Tre Leggi sono deliberatamente ambigue. Fin dalla prima volta che le usai in *Girotondo*, fu la loro ambiguità a fornirmi l'intreccio. Presi in considerazione la definizione di "danno" per la prima volta nel racconto *Bugiardo!*, e nel mio romanzo *Il sole nudo* (vedi classici fantascienza n. 20) trattai addirittura di un omicidio compiuto da un robot, nonostante le Tre Leggi.

Quanto alla definizione di essere umano, è una cosa di cui più di una volta pensai di occuparmi, e da cui altrettante volte rifuggii. Alla fine affrontai l'argomento in *Che tu te ne prenda cura* (F&SF, maggio 1974 e in *Urania* n. 736) e mi ritrovai impastoato nel complesso di Frankenstein.

Forse fu in parte per espiare la cosa che mi misi a scrivere *L'uomo bicentenario*. In questo racconto ho preso in considerazione non solo la possibile definizione di essere umano, ma anche quella di robot, e ho concluso dimostrando che, in certo qual modo, le due definizioni si possono fondere.

11. In «Che tu te ne prenda cura», pronosticate che gli esseri umani vengano sostituiti dai robot, mentre in «L'uomo bicentenario» pronosticate la fusione di esseri umani e robot. Quale dei due pronostici ritenete più realistico?

Forse nessuno dei due. Penso che i vari tipi di intelligenza non siano necessariamente equivalenti. Mettiamo che i delfini abbiano un'intelligenza paragonabile alla nostra, come alcuni pensano. La loro evoluzione e il loro modo di vivere sono però così diversi dal nostro, che sembra che non ci sia un terreno comune su cui potersi incontrare. Le nostre rispettive intelligenze sono di qualità così diversa, che non c'è modo di valutare se il delfino sia meno, o magari più avanzato di noi, perché non c'è modo di confrontare uomo e delfino quantitativamente. Se ciò vale per il confronto tra esseri umani e delfini, varrà ancora di più per il confronto tra esseri umani e robot.

L'intelligenza umana è il risultato di un'evoluzione biologica durata più di tre miliardi di anni, che ha visto i processi di mutazione casuale e di selezione naturale

agire su organismi di acidi nucleici e proteine, organismi il cui motivo guida era quello di sopravvivere fino al momento della riproduzione.

L'intelligenza dei robot è, finora, il risultato di trent'anni di evoluzione tecnologica, che ha visto progetti ed esperimenti umani agire su apparecchiature di metallo ed elettricità, apparecchiature il cui motivo guida è quello di servire agli scopi stabiliti dall'uomo.

Sarebbe davvero molto strano, date premesse così diverse, che i due tipi d'intelligenza non risultassero alla fine molto diversi, così diversi da rendere impossibile qualsiasi confronto diretto.

L'intelligenza dei robot sembra essere specializzata nell'esame minuzioso di particolari soggetti a operazioni aritmetiche definite e reiterate, e in questo è incredibilmente veloce ed esente da errori. Sotto questo aspetto ci supera di molto già ora, e forse ci supererà sempre.

L'intelligenza umana sembra essere specializzata nel comprendere intuitivamente l'insieme, e avanza per ipotesi; sotto questo aspetto superiamo di gran lunga i robot, e forse sarà sempre così. In fin dei conti, come possiamo programmare un robot a essere dotato d'intuizione se non sappiamo cos'è che rende noi dotati di intuizione?

Ma anche se potessimo rendere i robot più simili agli esseri umani, o viceversa, perché mai dovremmo desiderare di farlo? Perché non sfruttare ciascuna area di specializzazione e non rendere i robot ancora più bravi nel loro lavoro di analisi e gli esseri umani (magari attraverso l'ingegneria genetica) ancora più bravi nel loro lavoro di sintesi?

In tal modo avremmo una situazione in cui le due intelligenze si completerebbero a vicenda, dando l'una accoppiata all'altra risultati di gran lunga superiori a quelli che si avrebbero tenendole separate.

Era a queste conclusioni che miravo scrivendo alcuni dei miei romanzi. In *Abissi d'acciaio* (vedi *Urania* n. 578), un romanzo del 1953, dipingevo una società in cui gli esseri umani erano più importanti dei robot; in *Il sole nudo*, invece, una società in cui i robot erano più importanti degli esseri umani. Il terzo romanzo della serie avrebbe dovuto mostrare che l'equilibrio stava appunto nel completamento reciproco, ma benché provassi a scriverlo, mi accorsi che non riuscivo a dipingere quello di cui avevo solo un'idea vaga.

Non riuscii quando ci provai la prima volta, nel 1958, e da allora non mi sentii più all'altezza del compito. Peccato avere rinunciato quando ero ancora sotto i trenta e non ero tanto maturo da sapere che c'erano cose che non avevo la capacità di fare...

L'influsso della cometa

Change of Time and States, 1982

Traduzione di Guido Boreani

Urania n. 951 (21 agosto 1983)

Nella nostra società regolata dal tempo, ci si aspetta che gli avvenimenti si susseguano con regolarità e che si conformino all'insistenza di calendari e orologi.

Io appartengo ad un gruppo che si riunisce regolarmente per pranzare tutti i martedì e, un paio di settimane fa qualcuno commentò che uno dei componenti era mancato a qualche appuntamento. La persona in questione avanzò delle scuse, che furono respinte in modo più o meno cordiale.

A questo punto intravidi la possibilità di mettere in mostra la mia correttezza e la mia reputazione di uomo galante, dicendo: — Mancherei una riunione solo nel caso che una ragazza, a letto con me, rifiutasse di lasciarmi andar via.

Al che, uno dei gentiluomini seduti al tavolo disse pronto: — Ecco spiegato il record assoluto di presenze di Isaac — annientandomi.

La risata che ne seguì fu generale, poiché mi ci dovetti unire anch'io.

La regolarità è sempre stata tenuta in gran conto, anche prima che esistessero gli orologi. Qualcosa che accadeva quando lo si aspettava non causava timori e non poteva offrire spiacevoli sorprese.

I pianeti, che parevano muoversi a vanvera sullo sfondo stellato, furono accuratamente studiati, finché i loro movimenti divennero regola e si poté prevederli. Questa era la giustificazione dell'antica astronomia poiché, conoscendo in anticipo le posizioni che i vari pianeti avrebbero assunto l'uno in rapporto agli altri, gli astronomi avrebbero potuto giudicare in anticipo il loro influsso sulla Terra, prevedendo così gli avvenimenti. (Tutto questo si chiama astrologia, oggi, ma non ha importanza.)

Ma ecco che ogni tanto, apparsa dal nulla e nel nulla scomparendo, arrivava una cometa. Non c'era modo di prevedere la sua venuta e la sua scomparsa, e l'unica cosa da fare era pensare che stava per accadere qualcosa di straordinario.

Così, all'inizio della prima parte dell'*Enrico VI*, mentre i nobili inglesi circondano il catafalco del conquistatore Enrico V, Shakespeare fa dire al Duca di Bedford:

Si addobbino di nero i cieli, si arrenda il giorno alla notte! Comete, presagio di mutamenti di tempi e di stati, Scuotete nel cielo le vostre code di cristallo, e sferzate con esse le stelle ripugnanti e maligne, che hanno acconsentito alla morte di Enrico!

In altre parole, la presenza in cielo di una cometa implica un cambiamento nelle condizioni di vita e negli affari nazionali e internazionali.

Nel 1705 l'astronomo inglese Edmund Halley elaborò una teoria, secondo cui le comete erano fenomeni regolari, che giravano intorno al Sole come i pianeti ma con

orbite molto ellittiche, sicché erano visibili solo nel periodo del loro perielio, quando erano vicine al Sole e alla Terra.

La cometa di cui calcolò l'orbita, e di cui prevede il ritorno, fu chiamata da allora "Cometa di Halley" o "Cometa Halley". Come previsto ritornò, e lo fece per altre due volte.

L'attendiamo di nuovo per il 1986.

L'aver addomesticato e costretto in uno schema regolare anche le comete non ha però influito sulle aspettative degli ingenui. Ogni volta che la Cometa Halley ritorna (o, per quel che ci riguarda, ogni volta che qualsiasi altra cometa ci offre il suo spettacolo), provoca paure e panico. Dopo tutto, il fatto che la Cometa Halley ritorni periodicamente e che questo ritorno sia atteso e previsto, non significa necessariamente che non debba portare con sé un avvenimento importante e probabilmente spiacevole. Forse, simili avvenimenti sono stabiliti dalla Provvidenza in modo periodico e ordinato.

Vediamo un po'...

La Cometa Halley compie una rivoluzione intorno al Sole in circa 76 anni. La durata delle rivoluzioni non è fissa, poiché la cometa è soggetta all'attrazione gravitazionale dei pianeti che incontra sul suo passaggio, (e in particolare a quella del gigantesco Giove). Dal momento che a ogni passaggio verso il Sole e poi in senso contrario i pianeti si trovano in posizioni diverse lungo le loro orbite, l'attrazione gravitazionale non è mai la stessa. Il periodo può così variare da un minimo di 74 ad un massimo di 76 anni.

La più antica cronaca dell'apparizione di una cometa che potrebbe essere stata la Halley, risale al 467 a.C. Contando quell'apparizione, la Cometa Halley è apparsa da allora in cielo per trentadue volte negli ultimi ventiquattro secoli e mezzo. Quella del 1986 sarà la trentatreesima.

Potremmo ripassarle tutte, e vedere quali mutamenti si siano verificati ad ogni apparizione, se pure qualcosa è successo.

1) 467 a.C. - I Persiani e i Greci si combattono ormai da una generazione, e la Cometa Halley splende in cielo per segnare il termine di queste lotte. Nel 466 le navi ateniesi sconfiggono la flotta persiana in una grande battaglia al largo delle coste dell'Asia Minore, e la lunga guerra finisce. La cometa segna anche un inizio, poiché nello stesso anno i democratici conquistano il governo di Atene, e comincia così il periodo aureo di questa città, forse il più ricco fiorire di genialità in un piccolo territorio e per un breve periodo che il mondo abbia mai visto.

2) 391 a.C. - Nell'Italia centrale, la città di Roma andava lentamente crescendo di importanza. Era stata fondata nel 753 a.C., e nel 509 a.C. era divenuta una repubblica. Gradualmente aveva stabilito il suo dominio sulle città vicine del Lazio e dell'Etruria. Poi comparve in cielo la Cometa Halley, e con lei i barbari Galli dal nord. Nel 390 a.C. i Galli sconfissero i Romani a nord della città e occuparono Roma. I Galli furono infine cacciati, ma i Romani erano notevolmente indeboliti. Apparentemente questo fatto li pose però in uno stato d'animo positivo, perché dopo l'occupazione si

ingrandirono molto più velocemente di prima.

3) 315 a.C. - Fra il 334 a.C. e la sua morte, avvenuta nel 323 a.C., Alessandro Magno si era avventato come una violenta fiammata sull'Asia occidentale, conquistando con una serie di incredibili vittorie l'immenso Impero persiano. L'Impero di Alessandro non era però eterno, e si sfaldò subito dopo la sua morte, mentre i suoi generali se ne disputavano i frammenti. La Cometa Halley brillava in cielo quando divenne ormai evidente che non era più possibile riunificare l'Impero. Uno dei generali, Antigone Monoftalmo, che non era disposto a discutere la questione, fu sconfitto nel 312 a.C., e sebbene continuasse a combattere per una dozzina d'anni ancora, l'Impero era ormai diviso nei tre maggiori regni Ellenici: l'Egitto, sotto i Tolomei, l'Asia, sotto i Seleucidi e la Macedonia, sotto gli Antigonidi.

4) 240 a.C. - I Regni ellenici si combattono continuamente l'un l'altro, senza però che nessuno risulti chiaramente vittorioso, con l'unico risultato di un generale indebolimento. Nel 240 a.C., con la Cometa Halley di nuovo nel cielo, i Regni ellenici erano ormai entrati nella fase di declino e sulla scena si stavano affacciando nuove nazioni. Attorno al 240 a.C. Arsace I stava consolidando il suo potere in Partia, provincia orientale del defunto Impero persiano. In più, nel 241 a.C., Roma, che aveva ormai il controllo di tutta l'Italia, aveva sconfitto i Cartaginesi, che dominavano l'Africa settentrionale, nella Prima Guerra Punica. Roma era padrona del Mediterraneo occidentale. La cometa aveva così segnato l'ascesa di quelle potenze, ad est e a ovest, che avrebbero finito col distruggere i Regni ellenici.

5) 163 a.C. - Il ritorno della Cometa Halley sottolineò che Roma aveva sconfitto Cartagine per la seconda volta nel 201 a.C., e che aveva proseguito la sua opera di sottomissione della Macedonia, riducendo i Seleucidi e i Tolomei dell'Egitto in fantocci in suo potere. Col 163 a.C. Roma aveva stabilito il suo incontrastato dominio su tutto il Mediterraneo e stava entrando nel suo periodo di maggior splendore. Nello stesso momento, in Giudea, piccola provincia del regno Seleucida, gli Ebrei si erano rivoltati. Sotto la guida ispirata di Giuda Maccabeo e grazie alle discordie interne della famiglia reale Seleucida, gli Ebrei avevano conquistato, nel 165 a.C., il controllo di Gerusalemme. La cometa brillò così su un Mediterraneo da poco nelle mani dei Romani e su una Giudea da poco nelle mani degli Ebrei, e sarebbero venuti tempi in cui l'incontro fatale di questi fatti avrebbe prodotto conseguenze fondamentali.

6) 87 a.C. - Il sistema di governo di Roma, che era adeguato alle necessità di una piccola città in lotta per il controllo di una provincia, si stava sfaldando sotto lo sforzo di governare un grande impero, formato da popolazioni differenti, con lingue e abitudini diverse. Le lotte interne fra i politici romani si fecero sempre più letali, specialmente quando ogni parte si fece spalleggiare da questo o quel generale, facendo degenerare le lotte politiche in guerra civile. Mario, un generale, combatteva per i democratici, mentre un altro, Sulla⁵, era dalla parte degli aristocratici. Nell'87 a.C. il

⁵ Nei paesi anglosassoni chiamano Sulla, attenendosi al nome latino, quello che in Italia è conosciuto

ritorno della Cometa Halley illuminò un momento cruciale, poiché in quell'anno Sulla si aprì col suo esercito la strada fino a Roma e massacrò i politici più radicali. Questa volta non erano i Galli a occupare Roma, ma un generale romano. Il presagio della cometa era evidente: nessun nemico esterno sarebbe stato in grado di tenere testa a Roma, ma Roma sarebbe stata dilaniata dalle divisioni interne.

7) 12 a.C. - Al suo ritorno la Cometa Halley trovò che Roma aveva trovato la sua strada attraverso tutta una serie di guerre civili, e che non solo era sopravvissuta, ma si era anche ingrandita e irrobustita. Era nato l'Impero romano che, sotto Augusto, il primo Imperatore, conobbe un vero periodo di pace disturbato solo da lotte locali ai confini di settentrione. Si suppone che Gesù sia nato a Betlemme proprio in questo periodo. Non si conosce l'anno esatto, ma molti pensano che potrebbe essere stato il 12 a.C., e ritengono che la Cometa Halley fosse la "stella di Betlemme". Se così fosse, l'apparizione della Cometa Halley avrebbe comportato una svolta che, per molti, fu fondamentale nella storia.

8) 66 - Al ritorno della cometa, l'Impero romano, governato da Nerone, era per buona parte in pace. In Giudea c'era molto scontento: gli Ebrei sognavano un Messia e desideravano ripetere le antiche lotte di Maccabeo e di affrancarsi da Roma. Nel 66, mentre la Cometa Halley brillava in cielo, la Giudea si ribellò. La rivolta fu domata dopo quattro anni di lotte sanguinose. Gerusalemme fu saccheggiata e il Tempio distrutto. Il destino di una piccola provincia non sembra avere grande importanza, ma i Cristiani durante gli scontri erano rimasti in disparte, e di conseguenza non erano più tenuti in considerazione dagli Ebrei. Da quel momento i Cristiani cessarono di essere una setta ebraica e divennero una religione indipendente, dai contenuti culturali di carattere sempre più Greco-Romano, cosa che avrebbe a sua volta avuto un profondo effetto sulla storia a venire.

9) 141 - L'impero romano, all'epoca del ritorno della Cometa Halley, godeva di un'epopea di pace e prosperità, culminata nel tranquillo regno di Antonino Pio, salito al trono nel 138. La cometa brillava sull'apogeo della storia del Mediterraneo. Tutte le lotte dei Greci e dei Romani, tra loro o contro altri erano terminate, e il mondo mediterraneo era unito sotto un governo civile e illuminato. Una cosa simile quell'angolo di mondo non l'aveva mai vista, e non l'avrebbe veduta mai più. La Cometa Halley ne aveva marcato l'apice. L'ascesa era finita, cominciava il declino.

10) 218 - Quando la cometa riapparve, il periodo felice dei saggi imperatori era ormai trascorso da tempo. Dopo vari disordini, Settimio Severo riuscì a porre di nuovo l'Impero sotto un governo forte, ma nel 217 suo figlio Caracalla veniva assassinato, e lo splendore della cometa illuminò l'inizio di un lungo periodo di anarchia, che portò l'Impero vicino al collasso. La Cometa Halley, che nell'apparizione precedente ne aveva veduto il massimo splendore, ora ne segnava l'inizio della decadenza.

11) 295 - Il periodo di anarchia terminò nel 284 con la salita al potere di Diocleziano, il primo Imperatore, dai tempi di Settimio Severo, abbastanza forte da riuscire ad avere un regno lungo e stabile. Diocleziano riorganizzò il governo imperiale, rendendolo simile a una monarchia orientale. Le vestigia dell'antica Roma erano scomparse, e la Cometa Halley, nel 295, fu presente al rimaneggiamento dell'Impero in cui, d'ora in poi, la parte dominante sarebbe stata quella orientale. Era quasi un ritorno ai tempi ellenistici.

12) 374 - Le riforme di Diocleziano riuscirono a rappezzare l'Impero romano, ma erano un sollievo temporaneo, e quando la Cometa Halley fu di nuovo in cielo, i tempi erano un'altra volta maturi. Gli Unni si erano messi in marcia, riversandosi fuori dall'Asia attraverso le steppe dell'Ucraina, spingendo davanti a sé i Goti, una tribù germanica. Nel 376 alcuni Goti, in cerca di rifugio, attraversarono il Danubio entrando in territorio romano. I Romani li respinsero e la cavalleria dei Goti sconfisse le legioni romane nella battaglia di Adrianopoli, nel 378. Era l'inizio di un'epoca nuova: la cavalleria avrebbe dominato per un migliaio d'anni i campi di battaglia. La cometa segnò la caduta del vecchio Impero Romano e l'ascesa delle tribù germaniche.

13) 451 - Al ritorno della Cometa Halley, diverse province occidentali dell'Impero Romano erano sotto il diretto controllo dei signori della guerra germanici, e gli Unni erano più forti che mai. Sotto la guida di Attila venne formato l'Impero Unno, che si estendeva dal Mar Caspio fino al Reno. Nel 451, con la cometa in cielo, Attila penetrò in Gallia, il punto più occidentale mai raggiunto dai nomadi dell'Asia centrale. Comunque, alla battaglia di Chalons, le forze unite dei Romani e dei Germani riuscirono a fermarli. Due anni dopo Attila moriva, e l'Impero Unno si sfaldò. La Cometa Halley aveva così segnato la punta massima delle invasioni dall'Asia centrale.

14) 530 - Quando tornò la cometa, l'Impero romano d'Occidente era ormai caduto, e tutte le sue province erano nelle mani dei Germani. Fra i nuovi capi, il più grande fu Teodorico, che diede un governo illuminato all'Italia e cercò di salvare la cultura romana. Nel 526 Teodorico morì, e nell'anno successivo Giustiniano divenne Imperatore d'Oriente. Giustiniano desiderava riconquistare l'Occidente e nel 533 il suo generale Belisario si mosse verso ovest e diede inizio a una serie di operazioni che avrebbero devastato l'Italia e distrutto gli Ostrogoti, ma che non sarebbero riuscite a restaurare l'Impero. L'Occidente rimase nelle mani dei Franchi, la tribù germanica più barbara, che non era stata toccata da queste guerre. La Cometa Halley illuminò l'inizio di quelle campagne che portarono ai Secoli Bui del Medio Evo.

15) 607 - L'Impero romano d'Oriente rimaneva forte e intatto ma, nel 607, mentre la cometa brillava in cielo, i Persiani, guidati da Chosroes II, iniziarono la loro ultima guerra contro i Romani, quella che ottenne maggior successo. Contemporaneamente, in Arabia, un giovane mercante chiamato Maometto elaborava una nuova religione, basata sulla sua versione del Giudaismo e del Cristianesimo. La guerra tra Romani e Persiani ottenne il risultato di sfiancare completamente i due combattenti, e la nuova religione finì con l'impadronirsi di tutto l'Impero Persiano e di buona parte di quello

Romano d'Oriente, essendosi trovata di fronte una resistenza piuttosto fiacca. La Cometa Halley segnò così l'inizio dell'Islam e dell'Impero Bizantino, che raccoglieva ciò che restava dell'Impero Romano d'Oriente.

16) 684 - Con una sfolgorante serie di successi, i seguaci arabi dell'Islam, dopo la morte di Maometto, dilagarono dall'Arabia e si impadronirono della Persia, di Babilonia, della Siria, dell'Egitto e del Nord Africa. Erano ormai pronti a conquistare Costantinopoli e ad avventarsi sull'Europa, prendendo possesso dell'intero mondo occidentale. Strinsero d'assedio Costantinopoli, mentre i Bulgari attraversavano i Balòani per raggiungere la città da terra. Costantinopoli tenne, sconfiggendo col fuoco greco gli Arabi nel 677. Nel 685, dopo l'apparizione della cometa, il trono passò a Giustiniano II, governante crudele ma energico, che batté i Bulgari. La cometa aveva presieduto alla sopravvivenza dell'Impero Bizantino come ultimo baluardo dell'Europa contro l'Islam.

17) 760 - L'Islam continuò ad espandersi, anche se in misura minore. Nel 711, per esempio, conquistò la Spagna. Nel 750 fu fondato il Califfato di Abbassid, con capitale a Baghdad, che governava tutto l'Islam, tranne la Spagna e il Marocco. Con la Cometa Halley nel cielo, nel 760, il Califfato di Abbassid era solido e, per un certo periodo, l'Islam fu nel massimo del suo splendore: pacifico, unito e potente. Come la cometa aveva brillato sullo zenith dell'Impero romano otto apparizioni prima, ora brillava sugli splendori di quello dell'Islam.

18) 837 - In occidente l'Impero dei Franchi raggiunse il suo massimo splendore sotto Carlo Magno, morto nell'814. Il suo successore, Ludovico il Pio, ereditò un impero intatto, ma era debole e intendeva dividere il regno fra i suoi quattro figli. Per la successione scoppiarono diverse guerre civili, ma un accordo finale sulla suddivisione fu raggiunto nell'833. La Cometa Halley presenziò così alla spartizione di un impero che non sarà mai più ricomposto, e da quel momento la storia dell'Europa divenne quella di numerose nazioni sempre in guerra fra loro.

Inoltre la cometa annunciò nuove invasioni dall'esterno. I Vichinghi lanciarono i loro attacchi più pericolosi poco dopo l'837, e altrettanto fecero i Magiari ad est, mentre dall'Africa settentrionale gli Arabi si accingevano ad invadere la Sicilia e a spingersi fino in Italia.

19) 912 - L'ultima incursione vichinga di una certa importanza in territorio Franco fu quella degli "Uomini del Nord", o Normanni, guidati da Hrolf. Nel 912, con la presenza della cometa in cielo, Rollo si convertì al Cristianesimo, e fu ricompensato con un tratto di costa della Manica. Da allora quella regione viene chiamata Normandia. Così la Cometa Halley fu presente alla nascita di un nuovo stato che avrebbe giocato un ruolo importante nella storia d'Europa.

20) 989 - Al suo ritorno, la cometa presenziò alla formazione dell'Europa moderna. I discendenti di Carlo Magno si erano estinti, e in quella che oggi si chiama Francia, nel 987, salì al trono una nuova dinastia nella persona di Ugo Capeto. I suoi discendenti

avrebbero regnato per nove secoli. Nel 989 il Principe Vladimiro di Kiev si convertì al Cristianesimo, offrendo così alla Russia l'immagine di nazione europea. La Cometa Halley era presente al finire dei Secoli Bui del Medio Evo così come era stata presente all'oro iniziare sei secoli prima.

21) 1066 - La Normandia, sotto la guida dell'abilissimo Duca Guglielmo, era divenuta il regno più forte e meglio governato dell'Europa occidentale. I Normanni si erano già spinti nel Mediterraneo, dove si erano impadroniti della Sicilia e dell'Italia meridionale. Tuttavia Guglielmo stava preparando l'invasione dell'Inghilterra, giusto al di là della Manica. La cometa apparve proprio mentre veniva approntata la flotta e, prima della fine dell'anno, Guglielmo aveva vinto la battaglia di Hastings, diventando così Guglielmo il Conquistatore. La Cometa Halley vide la nascita di un'Inghilterra normanna che, a tempo debito, avrebbe offuscato gli antichi splendori di Roma e dell'Islam.

22) 1145 - L'Europa, tornata forte dopo i Secoli Bui, tentò la sua prima grande offensiva contro il mondo non europeo nel 1096, inviando, nella Prima Crociata, i suoi eserciti verso oriente per riconquistare Gerusalemme. Gli eserciti erano male organizzati, mal equipaggiati e mal condotti, ma erano forti del valore dato dall'ignoranza, e si trovarono di fronte un nemico poco omogeneo. Nel 1099 presero Gerusalemme e stabilirono in Terrasanta regni Cristiani. Ma l'Islam si rafforzò contro l'invasore e nel 1144 ottenne il primo importante successo riconquistando Edessa, nell'estremità nordest delle terre occupate dagli Europei. La Cometa Halley illuminò le invocazioni per una seconda Crociata, che si sarebbe conclusa con una disfatta. Il movimento per le Crociate seguì ancora, ma alla lunga era destinato a fallire, e l'apparizione della Cometa Halley questa volta segna esattamente il momento in cui questo fallimento divenne evidente.

23) 1222 - L'Europa non era ancora pronta a dominare il mondo. Al ritorno della cometa, era sorta in Asia una nuova minaccia che fu, per un breve periodo, più grande di tutte quelle che l'avevano preceduta o che l'avrebbero seguita. Nel 1162 era nato Temujin, un mongolo che, con il nome di Gengis Kahn, governava già nel 1206 le tribù dell'Asia centrale. Le trasformò in un esercito combattivo, addestrato con nuove tattiche molto brillanti, basate sulla mobilità, la sorpresa e gli attacchi senza tregua. In dodici anni si impadronì della Cina settentrionale e dilagò nell'Asia occidentale. Nel 1222, mentre in cielo splendeva la Cometa Halley, un esercito mongolo fece la sua prima apparizione in Europa, infliggendo nell'anno successivo una solenne sconfitta alla Russia. I Mongoli si ritirarono, ma sarebbero tornati. La cometa fu presente al principio del disastro.

24) 1301 - I Mongoli tornarono, riportando un successo dopo l'altro, quindi si ritirarono imbattuti per eleggere un nuovo sovrano. La Russia rimase nelle loro mani, e tutta la sua storia futura ne rimase segnata. Al ritorno della cometa quest'episodio era ormai concluso, e si stavano preparando nuovi avvenimenti significativi. I Cavalieri europei, che per secoli avevano dominato i campi di battaglia, montarono in

sella per domare la rivolta dei borghesi delle Fiandre. I cavalieri disprezzavano profondamente i borghesi di bassa estrazione, i quali erano perciò armati di picchi e avevano scelto bene il terreno, riuscendo così a sbaragliare nel 1302 la cavalleria francese alla battaglia di Courtrai. Nel frattempo papa Bonifacio VIII aveva coronato il crescente potere temporale della Chiesa rivendicando, sempre nel 1302, il dominio su tutti i re cristiani. Filippo IV di Francia era d'opinione differente, e inviò i suoi scagnozzi per ridurre a più miti consigli il papa, che morì poco dopo, e per creare un papa fantoccio agli ordini della Francia. La Cometa Halley fu così presente al principio della fine delle armate feudali e del potere incontrastato della Chiesa: in poche parole, all'inizio della fine del Medio Evo.

25) 1378 - Dopo la morte di Bonifacio VIII, il papato stabilì la sua sede ad Avignone, nella Francia meridionale. Nel 1378, mentre la cometa splendeva in cielo, il papa decise di rientrare a Roma, ma i cardinali francesi, che non volevano lasciare Avignone, ne elessero un altro. Ebbe perciò inizio il "Grande scisma", che durò quarant'anni e che offrì all'Europa lo spettacolo di due papi che si scagliavano scomuniche e anatemi reciproci, mentre le nazioni sceglievano la parte che più conveniva ai loro interessi terreni. Il prestigio della Chiesa fu sminuito da questi fatti che diedero origine a quei mutamenti che avrebbero distrutto per sempre l'unità religiosa in Europa, così come quella politica era stata cancellata sette apparizioni prima.

26) 1456 - Quando la cometa riapparve nel 1456, la punta di diamante dell'Islam erano i Turchi Ottomani, che avevano cominciato ad espandere il loro potere in Asia Minore fin dal 1300 e che nel 1352 avevano fatto la prima comparsa sulla sponda europea dell'Ellesponto. Nel 1456 presero Costantinopoli, mettendo così fine, a 22 secoli dalla fondazione di Roma, ai domini romani. Nel 1456, con la presenza in cielo della Cometa Halley, gli Ottomani conquistarono Atene e strinsero d'assedio Belgrado. L'Europa occidentale era perfettamente consapevole della nuova minaccia proveniente dall'Asia, e che la cometa aveva annunciato.

27) 1531 - Sotto Solimano il Magnifico, che conquistò l'Ungheria e assediò Vienna nel 1529, l'impero Ottomano conobbe il suo massimo splendore. Ma Vienna non cadde, e i Turchi si ritirarono a Budapest. Nel frattempo Colombo aveva scoperto i continenti americani e, mentre la Cometa Halley brillava su Vienna da poco liberata, i *Conquistadores* spagnoli, dopo aver sconfitto in Messico gli Aztechi, si stavano spingendo in Perù, dove, nel giro di due anni, distrussero l'Impero Inca. La cometa brillò così su un'Europa che era riuscita a fermare l'avanzata ottomana e, allo stesso tempo, a estendere il suo dominio al di là dell'Oceano. L'Europa era sulla soglia della conquista del mondo.

28) 1607 - Nel 1607, al ritorno della Cometa Halley, un gruppo di inglesi fondò, in una regione che chiamarono Virginia, Jamestown, la prima colonia permanente stabilita dagli inglesi sulle coste orientali dell'America settentrionale, fatto che fu all'inizio di una serie di avvenimenti che sarebbero culminati con la nascita degli Stati

Uniti d'America che, in futuro, avrebbero dominato per qualche tempo l'Europa.

29) 1682 - Nel 1682, mentre la cometa Halley brillava in cielo, morì Fedor III di Russia, a cui succedettero, governando assieme, i due figli. Il più giovane era Pietro I, che negli anni a venire sarebbe diventato "Pietro il Grande", e che, con titanica energia, avrebbe strappato la Russia dall'ombra del suo passato sotto il dominio mongolo, per portarla nella luce dell'avanzata Europa occidentale. Le tendenze della Russia sarebbero rimaste da allora sempre rivolte verso occidente, e, come risultato degli sforzi di Pietro, sarebbero giunte fino alla disputa con gli Stati Uniti per spartirsi il predominio sul mondo.

30) 1759 - Al successivo ritorno della Cometa Halley, l'Europa era la padrona del mondo, ma qual era la nazione destinata a fare la parte del leone? La Spagna e il Portogallo furono i primi a uscire dal gioco, mentre l'Olanda fece un tentativo coraggioso, ma era troppo piccola. L'Inghilterra, (divenuta ormai Gran Bretagna) e la Francia erano le uniche candidate rimaste e nel 1756 iniziò tra le due la decisiva guerra dei "Sette anni", cui parteciparono anche la Prussia, l'Austria e la Russia. Nel 1759, con la cometa in cielo, si arrivò al punto cruciale, quando l'Inghilterra prese il Canada, si assicurò il controllo dell'India e diede prova di essere l'incontrastata padrona dei mari. La cometa illuminò la nascita dell'Impero Britannico, che per quasi due secoli avrebbe dominato il resto del mondo.

31) 1835 - La Gran Bretagna, padrona del mondo all'epoca del ritorno della cometa, stava subendo pacifici cambiamenti. Nel 1832 fu fatta passare in Parlamento una legge di riforma che rendeva razionali le rappresentanze, estendendo l'elettorato e iniziando il processo di allargamento del suffragio a tutta la popolazione. Nel 1837 saliva al trono la regina Vittoria. Negli Stati Uniti le prime avvisaglie di una frattura fra nord e sud si ebbero con la crisi dell'annullamento del 1832, che si risolse poi a favore dell'Unione. I semi della lotta erano però gettati e, alla fine, il diritto di voto sarebbe stato esteso anche agli schiavi liberati. In tutt'e due le nazioni i movimenti per una dottrina di uguaglianza ebbero una decisa spinta in avanti, proprio mentre in cielo splendeva la fatale cometa.

32) 1910 - Edoardo VII d'Inghilterra, il figlio maggiore della regina Vittoria, morì nel 1910, e al suo funerale fu l'ultima occasione in cui si videro riunite le teste coronate di tutta l'Europa. Nel 1914 scoppiava la Prima Guerra Mondiale, che avrebbe spazzato via parecchie delle vecchie monarchie, e avrebbe messo in piedi un mondo nuovo e pericoloso. Ancora una volta la cometa era presagio di mutamenti di tempi e di stati.

33) 1986 - ?

Impressionante, vero? Forse l'astrologia, dopotutto, un po' di ragione ce l'ha.

E invece non ce l'ha. Questo è stato solo uno sfoggio della mia ingegnosità, se mi perdonate l'immodestia. Datemi un elenco di date spaziate ad intervalli regolari e

irregolari a partire dal 700 a.C. ad oggi e vi confezionerò una lista di avvenimenti importantissimi simile a questa, e in grado di sembrare altrettanto corretta. Con cinquanta liste simili, sarà facilissimo mettere assieme cinquanta diverse interpretazioni, specie se si considerano la storia orientale, il progresso tecnologico, gli avvenimenti culturali e così via, e sarà difficile decidere quale sia la migliore.

La storia dell'uomo è così ricca, e così fitta di avvenimenti cruciali da rendere sempre possibile un'operazione del genere, e questa è una delle ragioni per cui sarà difficile sviluppare ulteriormente la mia immaginaria scienza psicostorica.

Hertz, Crookes, Marconi & C.

The Three Who Died Too Soon, 1982

Traduzione di Guido Boreani

Urania n. 954 (2 ottobre 1983)

L'esistenza delle onde hertziane, che oggi chiamiamo radioonde, fu dimostrata nel 1888 dal fisico tedesco Hertz a sostegno della teoria elettromagnetica della luce, formulata venticinque anni prima dal matematico scozzese Maxwell. Ma nessuno, sul momento, prevede neppure lontanamente le conseguenze pratiche della scoperta.

Nel 1892, però, il fisico inglese William Crookes (1832-1919) sostenne la possibilità di servirsi delle onde hertziane per le telecomunicazioni. Le onde hertziane, infatti, si muovono in linea retta e alla velocità della luce, in più la loro lunghezza era tale che attraversavano o aggiravano gli ostacoli. Le onde potevano essere rivelate con facilità, e avviandole e fermandole secondo un codice preciso, si sarebbero potuti riprodurre i punti e le linee che costituiscono l'alfabeto Morse, evitando così i complessi e costosi sistemi di migliaia di chilometri di cavi in rame e di ripetitori necessari al normale telegrafo. Crookes, in poche parole, suggeriva la possibilità di una telegrafia senza fili.

Una simile idea dev'essere sembrata fantascientifica (nel senso spregiativo caro agli snob ignoranti), ed Hertz, purtroppo, non poté vederla realizzata. Morì nel 1894, a 42 anni, per un'infezione cronica che oggi, con probabilità, sarebbe stata curata facilmente con gli antibiotici.

Comunque, pochi mesi dopo la morte di Hertz, l'italiano Guglielmo Marconi (1874-1937), che all'epoca aveva solo vent'anni, lesse delle scoperte di Hertz, ed ebbe istantaneamente la stessa idea di Crookes.

Per produrre le onde hertziane, Marconi si servì dei sistemi che lo stesso Hertz aveva usato, ma sviluppò un rivelatore molto più perfezionato, un cosiddetto *coesore*, consistente in un contenitore riempito di limatura metallica, ma non premuta. In condizioni normali, questa presentava una forte resistenza alla corrente elettrica, ma la sua conducibilità aumentava notevolmente quando era colpita da onde hertziane.

Un po' alla volta, Marconi perfezionò i suoi strumenti, mettendo a terra sia il trasmettitore sia il ricevitore. Inoltre si servì di un filo isolato che fungeva da antenna (o aereo) facilitando e la trasmissione e la ricezione.

Marconi iniziò a trasmettere su distanze sempre maggiori: cominciò nel 1895 col primo, famoso esperimento dalla sua casa al giardino, e in seguito, superò la distanza di un chilometro. Nel 1896, visto che il governo italiano non aveva mostrato alcun interesse per il suo lavoro, si recò in Inghilterra (sua madre era irlandese e Marconi parlava correntemente l'inglese) dove trasmise un segnale a quattordici chilometri di distanza, dopodiché chiese, ed ottenne, il primo brevetto nella storia della telegrafia senza fili.

Tornato in Italia nel 1897, trasmise un segnale da terra a una nave da guerra che si

trovava a venti chilometri al largo, e, nel 1898, di nuovo in Inghilterra, superò coi suoi segnali la distanza di trenta chilometri.

Il suo lavoro stava cominciando ad essere conosciuto. Il settantaquattrenne fisico Lord Kelvin pagò per spedire un marconigramma al fisico G.G. Stokes, suo amico, che allora aveva settantanove anni. Questa comunicazione tra due anziani scienziati fu il primo messaggio commerciale della telegrafia senza fili. Nello stesso anno Marconi fece uso dei suoi segnali per comunicare i risultati delle regate di Kingstown.

Nel 1901 Marconi era all'apice delle sue ricerche. I suoi esperimenti l'avevano convinto che le onde hertziane non si irradiavano nello spazio come ci si sarebbe potuto aspettare, ma seguivano la curvatura terrestre. (In seguito si scoprì che le onde hertziane vengono riflesse dalla ionosfera, una regione dell'atmosfera più esterna, da particelle cariche. In questo modo viaggiano lungo la curva della Terra rimbalzando continuamente tra il suolo e la ionosfera.) Studiò quindi accurati preparativi per trasmettere un segnale attraverso l'Atlantico, dall'estremità sudovest dell'Inghilterra fino a Terranova, al largo della costa orientale del Canada, servendosi di palloni per portare le antenne il più in alto possibile. Il dodici dicembre 1901 gli arrise il successo.

Gli inglesi chiamarono, e chiamano ancora oggi, questa tecnica *telegrafia senza fili* (*wireless telegraphy*, abbreviando con *wireless*). Negli Stati Uniti ebbe invece il nome di *radiotelegrafia*, dovuto al fatto che il segnale viene trasportato da un'irradiazione elettromagnetica invece che da una corrente elettrica condotta da un filo. Dal momento che la scoperta di Marconi si fece strada più rapidamente negli Stati Uniti, che allora erano la nazione più progredita dal punto di vista tecnologico, il termine *radio* ebbe la meglio su *wireless*. In tutto il mondo si dice radio, oggi, e il dodici dicembre 1901 è solitamente ricordato come il giorno "dell'invenzione della radio".

Le onde hertziane vennero così chiamate sempre più spesso *radioonde*, e il vecchio nome cadde in disuso. Quella parte dello spettro elettromagnetico che va da una lunghezza d'onda minima di un millimetro (ossia il limite superiore dell'infrarosso) fino a un massimo equivalente al diametro dell'Universo (un'estensione di cento ottave) è contenuta nella gamma delle radioonde.

Le radioonde usate normalmente per le trasmissioni radiofoniche hanno una lunghezza da 190 a 5.700 metri circa. La frequenza varia da 53.000 a 1.600.000 cicli al secondo (oppure da 530 a 1.600 chilocicli). Il *ciclo al secondo*, o periodo, è stato battezzato *hertz* in ricordo dello scienziato, per cui possiamo dire che la gamma delle frequenze radio varia da 500 a 1.600 kilohertz. Nella modulazione di frequenza (FM) si usano frequenze più elevate, ed ancor di più in televisione (VHF, Very High Frequency e UHF, Ultra High Frequency).

Col passare degli anni, la radio divenne sempre più di uso quotidiano. Si svilupparono diversi metodi per convertire i segnali radio in onde sonore, in modo da poter ascoltare alla radio non solo l'alfabeto Morse, ma anche parole e musica. La radio poteva cioè essere accoppiata alle normali tecniche di comunicazione telefonica ottenendo così la *radiotelefonìa*. In altre parole, ciò vuol dire che è possibile usare il telefono per comunicare con qualcuno a bordo di una nave in mezzo all'oceano standosene sulla terraferma: i fili telefonici trasporteranno il messaggio sul tratto a terra, mentre le radioonde si incaricheranno di fargli attraversare il mare.

Però c'era un problema. L'elettricità trasportata da un filo era in grado di riprodurre

un suono in modo perfettamente chiaro (come dimostrò il telefono di Alexander Graham Bell), ma le radioonde trasportate dall'etere venivano costantemente disturbate da un rumore irregolare che è chiamato *statica*. (Una delle cause della statica è l'accumulazione di cariche elettriche sopra l'antenna.)

La Bell Telephone Co. era naturalmente interessata a ridurre al minimo i disturbi nelle trasmissioni, ma, per farlo, era indispensabile scoprire quanto più si poteva sulle sue cause. Questo compito fu affidato ad un giovane ingegnere, Karl Guthe Jansky (1905-1950)

Fra le cause della statica c'erano sicuramente i temporali, per cui una delle prime cose che Jansky fece fu di costruire una complessa antenna, fatta di numerose astine metalliche, disposte sia verticalmente che orizzontalmente, che potevano captare segnali da diverse direzioni. Ma la particolarità più importante era che l'antenna era installata su un telaio di automobile munito di ruote, che si poteva far girare in una direzione o nell'altra, per sintonizzarsi su ogni disturbo che veniva scoperto. Grazie a questo dispositivo, Jansky era in grado di scoprire, attraverso gli scoppiettii della statica, temporali lontanissimi.

Ma non era tutto. Esplorando l'etere, captò un sibilo, ben distinto dai crepitii dei temporali. Stava ricevendo, senza dubbio, delle radioonde provenienti dal cielo, radioonde che non erano state generate né da esseri umani né da temporali. Inoltre, proseguendo nello studio di questo sibilo, Jansky si accorse che non proveniva da tutto il cielo indistintamente, ma, per la maggior parte, da un punto ben preciso. Muovendo adeguatamente il suo sistema di antenne, riuscì ad orientarle nella direzione in cui il suono era più intenso, e si accorse che questo punto si muoveva nel cielo, esattamente come faceva il sole.

All'inizio Jansky credette che la fonte delle radioonde fosse proprio il Sole, e, se in quel periodo fosse stata in corso un'intensa attività solare, sarebbe stato nel giusto.

Il Sole, però, era in periodo di scarsa attività, e quelle poche radioonde che emetteva non potevano essere captate dalle primitive apparecchiature di Jansky. In un certo senso fu un bene, perché ne risultò che Jansky era sulle tracce di qualcosa di ben più grosso. In principio pareva che gli apparecchi di Jansky fossero orientati verso il Sole quando ricevevano il sibilo con maggiore intensità, ma, giorno dopo giorno, si scoprì che puntavano sempre più lontano dal Sole.

Il punto da cui il soffio aveva origine era fisso rispetto alle stelle, mentre il Sole, visto dalla Terra, non lo era. Nella primavera del 1932 Jansky era certo che l'origine del sibilo si trovasse nella costellazione del Sagittario. Era stato solo perché il Sole si trovava in Sagittario quando captò il soffio cosmico per la prima volta, che Jansky aveva inizialmente confuso l'uno con l'altro.

Jansky pubblicò i risultati delle sue ricerche sul numero del dicembre 1932 di *Proceedings of the Institute of Radio Engineers* (Atti dell'Istituto di Ingegneria Radiofonica), e questa data segna la nascita della *radioastronomia*.

Ma come potevano delle radioonde provenienti dallo spazio esterno raggiungere la Terra senza essere riflesse dalla ionosfera? La ionosfera impedisce alle radioonde che originano dalla Terra di sfuggire verso lo spazio, e dovrebbero impedire a quelle provenienti dallo spazio di raggiungere la superficie terrestre.

Si scoprì che le onde più corte, dette *microonde*, quelle più prossime all'infrarosso,

per un'estensione di circa undici ottave, riuscivano a penetrare la ionosfera. Questa parte di ottave è conosciuta come *finestra delle microonde*.

La finestra delle microonde comprende lunghezze da circa dieci millimetri a dieci metri e frequenze da trenta milioni a trenta miliardi di cicli al secondo, cioè da 30 a 30.000 megahertz.

Per un puro caso, gli apparecchi di Jansky erano sensibili a una frequenza di poco all'interno del limite inferiore della finestra delle microonde. A una frequenza appena un po' più bassa non avrebbero potuto captare il sibilo stellare.

La notizia della scoperta di Jansky riempì a buon diritto la prima pagina del *New York Times*. Grazie agli studi e all'esperienza successivi, siamo ora in grado di valutare appieno l'importanza della finestra delle microonde: in primo luogo comprende un'ampiezza sette volte maggiore di quella dello spettro della luce visibile; in secondo luogo, mentre la luce consente osservazioni astronomiche non solari esclusivamente in notti limpide, le microonde raggiungono la Terra con qualsiasi tempo, ed è possibile servirsene anche di giorno, quando non sono oscurate dal Sole.

Con tutto ciò, gli astronomi professionisti prestarono scarsa attenzione a queste scoperte. L'astronomo Fred Lawrence Whipple (nato nel 1906), che aveva da poco iniziato il suo lavoro ad Harvard, ne discusse animatamente, ma aveva il vantaggio di essere un accanito lettore di fantascienza.

Non è però il caso di biasimare troppo gli astronomi: dopo tutto c'era ben poco che potessero fare. La strumentazione necessaria per captare le microonde con un'accuratezza sufficiente per essere di utilità pratica in astronomia, non esisteva ancora.

Lo stesso Jansky non diede seguito alla sua scoperta: doveva occuparsi d'altro e la sua salute peggiorava di giorno in giorno. Morì a quarantatré anni per un'affezione cardiaca, ed arrivò a malapena a vedere i primi passi della radioastronomia. Per una singolare coincidenza, tre degli scienziati di primo piano nella storia della radio, Maxwell, Hertz e Jansky, morirono intorno ai quarant'anni d'età, senza poter vedere le conseguenze pratiche del loro lavoro, conseguenze realizzate puntualmente nel giro di dieci anni dalla loro morte.

La radioastronomia, comunque, non era del tutto dimenticata. C'era un appassionato che proseguiva nelle ricerche. Si trattava di Grote Reber (nato nel 1911), entusiasta radioamatore fin dall'età di quindici anni. Mentre era studente all'Institute of Technology dell'Illinois, si appassionò alle scoperte di Jansky, e si provò a proseguirne gli esperimenti. Per esempio, tentò di far rimbalzare dei segnali radio sulla Luna e di captarne l'eco. (Non ci riuscì, ma era una buona idea. Una decina d'anni dopo, l'Army Signal Corps, disponendo di un equipaggiamento molto più completo, riuscì nel tentativo.)

Nel 1937 Reber costruì, nel suo cortile di Wheaton, nell'Illinois, il suo primo radiotelescopio. Il riflettore, che riceveva le radioonde, aveva un diametro di nove metri e mezzo. Era stato disegnato a forma di paraboloide, per concentrare sul rivelatore posto nel fuoco le onde ricevute.

Nel 1938 cominciò a ricevere, e, per parecchi anni, fu il solo radioastronomo del mondo. Scoprì nel cielo dei punti che emettevano un flusso di radioonde più intenso di quello di fondo. Queste "stelle-radio" non coincidevano con nessuna delle stelle

visibili. (Alcune delle stelle radio di Reber furono poi scoperte in galassie lontane.)

Reber pubblicò le sue scoperte nel 1942, e da quel momento vi fu un cambiamento sorprendente nell'atteggiamento degli scienziati nei confronti della radioastronomia.

Il fisico scozzese Robert Watson-Watt (1892-1973) era profondamente interessato al modo in cui le onde radio si riflettono. Aveva notato che le radioonde potevano venire riflesse da un ostacolo e che era possibile captarle dopo che si erano riflesse. Dal lasso di tempo intercorso tra l'emissione e la ricezione, era possibile determinare la distanza dell'ostacolo, e la direzione da cui provenivano le onde riflesse avrebbe dato la direzione dell'ostacolo.

Le radioonde più corte sarebbero state le più adatte a questo scopo, ma se fossero state troppo corte non sarebbero riuscite a penetrare le nubi, la nebbia o gli accumuli di particelle di polvere nell'atmosfera. Erano quindi necessarie frequenze abbastanza elevate per assicurare un certo grado di penetrazione, e, al tempo stesso, abbastanza basse per essere riflesse chiaramente dagli oggetti che si desiderava scoprire. La gamma delle microonde era quella adatta allo scopo e, nel 1919, Watson-Watt aveva già ottenuto un brevetto riguardante la radiolocalizzazione per mezzo delle onde corte.

Il principio è di una semplicità sorprendente, ma la difficoltà sta nel riuscire a sviluppare gli strumenti capaci di inviare e ricevere microonde con l'accuratezza e la precisione necessarie. Nel 1935 Watson-Watt aveva brevettato degli apparecchi perfezionati che consentivano di seguire il volo di un aereo per mezzo dell'eco di radioonde. Questo sistema fu chiamato *Radio Detection and Ranging* (Individuazione e localizzazione radio) che fu abbreviato in *ra.d.a.r.* o *radar*.

Le ricerche furono proseguite in assoluta segretezza, e già nell'autunno del 1938 sulle coste inglesi funzionavano delle stazioni radar. Nel 1940 l'aviazione tedesca attaccò queste stazioni, ma Hitler, furioso per un leggero bombardamento effettuato su Berlino dalla RAF, ordinò ai suoi aerei di concentrare i loro sforzi su Londra. Di conseguenza le stazioni radar poterono operare indisturbate, e i tedeschi, per non aver assolutamente capito la loro importanza, non furono mai in grado di sorprendere il nemico. Pur con tutto il rispetto dovuto agli aviatori inglesi, la Battaglia d'Inghilterra fu vinta in realtà dal radar. (D'altro canto, i radar americani individuarono le ondate di aerei giapponesi in avvicinamento la mattina del sette dicembre 1941, ma la segnalazione fu ignorata.)

Le stesse tecniche che avevano reso possibile il radar potevano essere utilizzate dagli astronomi per ricevere microonde dalle stelle, e anche per inviarne un fascio sottile verso la Luna o altri corpi celesti e riceverne l'eco.

Se c'era bisogno di qualcosa che stuzzicasse gli appetiti degli astronomi, nel 1942 successe ciò che era in grado di farlo: d'improvviso le stazioni radar inglesi si ritrovarono cieche e sorde. Si pensò subito che i tedeschi avessero trovato il modo di neutralizzare il radar, ma la realtà era ben diversa. Il colpevole era il Sole. Una vampata gigantesca aveva irrorato la Terra di radioonde e aveva ingolfato i ricevitori radar. Ebbene, se il Sole era capace di emettere una tale quantità di radioonde, e visto che la tecnologia per studiarle era ormai sviluppata, gli astronomi riuscirono a malapena ad aspettare la fine della guerra.

E, finita la guerra, i progressi arrivarono in fretta. La radioastronomia prosperò, i

radiotelescopi divennero più precisi e completi, si fecero nuove scoperte assolutamente sorprendenti. La nostra conoscenza dell'Universo ebbe una crescita smisurata, quale aveva avuto solo negli anni successivi all'invenzione del telescopio.

Dai raggi X ai raggi cosmici

Stands for Unknown, 1982
Traduzione di Guido Boreani
Urania n. 960 (25 dicembre 1983)

Il mese scorso abbiamo parlato delle radioonde, quella parte delle onde elettromagnetiche a bassa frequenza che stanno oltre l'infrarosso. Furono scoperte nel 1888 da Hertz, che dimostrò così la validità e l'utilità delle equazioni di Maxwell.

Le stesse equazioni, però, dimostravano che se c'erano radiazioni oltre, ma molto oltre l'infrarosso, dovevano essercene anche oltre l'ultravioletto.

Comunque, nessuno se ne interessava.

Ciò che attirava l'interesse di molti fisici nell'ultimo decennio del secolo scorso, erano i "raggi catodici": un flusso di radiazioni che scorrevano attraverso un tubo sotto vuoto da un elettrodo negativo (catodo) posto al suo interno, non appena veniva chiuso un circuito elettrico.

Questi studi raggiunsero il punto culminante nel 1897, quando il fisico inglese Joseph John Thomson (1856-1940) dimostrò in modo definitivo che i raggi catodici non erano costituiti da ondulazioni, bensì da particelle accelerate⁶. Ma la cosa più importante (molto importante) era che queste particelle presentavano una massa di molto inferiore a quella degli atomi più leggeri. La massa di una particella di raggi catodici era infatti solo un milleottocentotrentasettesimo di un atomo di idrogeno, e Thomson la chiamò "elettrone". Per queste ricerche ottenne il Premio Nobel per la fisica nel 1906.

L'elettrone fu la prima particella subatomica a venir scoperta, e questa fu solo una di tutta una serie di scoperte che rivoluzionarono completamente la fisica negli anni '90.

Non era stata però la prima: la nuova era aveva avuto inizio col fisico tedesco Wilhelm Konrad Roentgen (1845-1923). Nel 1895, a cinquant'anni, era a capo della Facoltà di Fisica dell'Università di Wurzburg, in Baviera. Aveva alle spalle un serio lavoro, quarantotto pubblicazioni competenti, ma era ben lontano dall'immortalità e, senza dubbio, non sarebbe mai uscito dall'anonimato se non fossero accaduti gli avvenimenti del 5 novembre 1895.

Stava lavorando sui raggi catodici, ed era particolarmente interessato a come, colpendo violentemente alcuni composti chimici con i raggi, si provocasse un certo bagliore, una luminescenza. Uno dei composti che reagivano in tal modo era il platinocianuro di bario, e Roentgen aveva dei fogli di carta ricoperti di questo composto nel suo laboratorio.

⁶ In realtà, ogni particella ha aspetti ondulatori, come ogni ondulazione ha aspetti di particella, e come tante altre duplicità in natura, non esiste l'una senza l'altra. Tutto ciò, comunque, era ancora sconosciuto nel 1897. (N.d.A.)

La luminescenza era però molto debole e, per osservarla il meglio possibile, Roentgen oscurò l'ambiente e rinchiuse l'apparato sperimentale tra fogli di cartoncino nero. Poté quindi lavorare in un ambiente totalmente buio, e quando chiudeva il circuito, i raggi catodici passavano lungo il tubo, attraversavano la sottile parete di cartoncino, colpivano i fogli trattati e davano vita a quella luminescenza che ora lui poteva vedere e studiare con comodo.

Quel 5 novembre Roentgen era come sempre al lavoro, e mentre chiudeva il circuito del tubo a raggi catodici, scorre con la coda dell'occhio un tenue bagliore. Guardò in alto e vide, a una certa distanza dall'apparecchio, uno dei fogli al platinocianuro di bario che emetteva una luminescenza intensa.

Tolse la corrente e il foglio di carta si oscurò. Mise in funzione il tubo e il foglio riprese a emettere luce.

Portò allora la carta nella stanza attigua e tirò le tende per avere buio completo anche lì. Tornò al tubo a raggi catodici e lo mise in funzione, poi passò nella stanza accanto, chiudendo la porta dietro di sé. La carta emetteva luce, con una parete ed una porta fra sé e il tubo a raggi catodici. E risplendeva solo quando l'apparato nell'altra stanza era acceso.

Roentgen pensò che il tubo a raggi catodici stesse emettendo una radiazione penetrante, di cui nessuno aveva mai riferito prima.

Roentgen passò sette settimane studiando la forza di penetrazione di questa radiazione: quali materiali riusciva a penetrare, quali altri, e con quale spessore, potevano infine fermarla, e così via. (Più tardi, quando gli fu chiesto cosa avesse pensato quando fece la sua scoperta, rispose bruscamente: «Non ho pensato. Ho sperimentato».)

In quel periodo dev'essere stato una croce per sua moglie: si faceva vedere solo ai pasti, in ritardo e fuori di sé, trangugiava il cibo senza parlare e tornava di corsa in laboratorio.

Il 28 dicembre 1895 pubblicò finalmente i primi risultati dei suoi esperimenti. Sapeva cosa la radiazione *poteva fare*, ma non che *cos'era*. Memore del fatto che in matematica, per definire una quantità sconosciuta si usa la x , decise di chiamare la radiazione "raggi X".

All'inizio venne usato, in suo onore, il nome di "raggi Roentgen", ma, in tedesco, questo nome contiene una "ö", vocale che i Tedeschi sanno pronunciare senza difficoltà, ma capace di far annodare la lingua a chiunque altro cerchi di pronunziarla. Di conseguenza, "raggi X" è rimasta la definizione in uso generale, anche oggi che la natura della radiazione non è più un mistero.

Si capì subito che i raggi X potevano essere di grande utilità in medicina. Solo quattro giorni dopo che la notizia della scoperta di Roentgen aveva raggiunto gli Stati Uniti, i raggi X vennero usati per localizzare un proiettile nella gamba di un uomo. (E ci vollero pochi, tragici anni per scoprire che i raggi X erano anche pericolosi, e che potevano causare il cancro.)

Nel mondo scientifico i raggi X attirarono l'attenzione di quasi ogni fisico, e ciò portò ad una quantità incredibile di altre scoperte, la più importante delle quali fu quella della radioattività, nel 1896. Nel giro di un anno dalla scoperta di Roentgen erano già stati pubblicati più di mille studi su raggi X, e quando nel 1901 venne

istituito il Premio Nobel, Roentgen fu il primo a cui fu conferito quello per la fisica.

I raggi X fecero colpo anche sul grande pubblico. Piuttosto preoccupati, i membri dell'Assemblea Legislativa del New Jersey tentarono di far passare una legge per proibire l'uso dei raggi X nei binocoli da teatro, allo scopo di proteggere il pudore delle dame, che, evidentemente, per i burocrati ha lo stesso valore della cultura scientifica.

Il Re di Baviera offrì a Roentgen un titolo nobiliare, ma il fisico rifiutò, ben sapendo in cosa consistono i veri onori che offre la scienza. Non volle nemmeno fare alcun tentativo di brevettare qualche aspetto nella produzione di apparecchi per i raggi X, né di ricavarne un guadagno, pensando non fosse suo diritto farlo. Il mondo lo ricompensò lasciandolo morire in completa indigenza, travolto nel 1923, dalla rovinosa inflazione del dopoguerra tedesco.

Ma che cos'erano esattamente i raggi X? Alcuni pensavano che consistessero in un flusso di particelle, come i raggi catodici. Altri, fra cui Roentgen, che fossero onde, ma longitudinali, come le onde sonore, e perciò non di natura elettromagnetica. Altri infine che fossero onde elettromagnetiche, più corte degli ultravioletti.

Se i raggi X avevano una natura elettromagnetica (tesi che guadagnava sempre più terreno) avrebbero dovuto mostrare alcune delle proprietà delle altre radiazioni elettromagnetiche. Avrebbero perciò dovuto mostrare fenomeni di interferenza. Simili fenomeni si possono dimostrare con griglie a diffrazione; fogli di materiale trasparente su cui vengono incise linee opache ad intervalli regolari. Una radiazione che passi attraverso una griglia simile produrrà un disegno che dimostra l'interferenza. Il problema era però che quanto più piccola è la lunghezza d'onda della radiazione, tanto più vicine devono essere le linee della griglia per produrre buoni risultati, e se i raggi X erano composti da onde ben più piccole di quelle degli ultravioletti, nessuna delle tecniche conosciute poteva tracciare linee abbastanza vicine.

Ed ecco che il fisico tedesco Max Theodor Felix von Laue (1879-1960), ebbe una di quelle idee semplicissime che sono brillanti in modo addirittura abbagliante. Perché affannarsi a tracciare una griglia sottile fino all'impossibile quando già ci ha pensato la natura a farlo? Nei cristalli, gli atomi che compongono la sostanza cristallina sono disposti in file e strati perfettamente regolari, ed è anzi questo fatto che rende cristallina una sostanza, fenomeno che è noto da secoli. Le file di atomi corrispondono alle righe incise sulla griglia a diffrazione, e gli spazi tra di loro al materiale trasparente. Si dà il caso che la distanza fra gli atomi fosse proprio all'incirca pari alla lunghezza d'onda che i fisici supponevano avessero i raggi X. Allora, perché non far passare dei raggi X attraverso un cristallo e vedere cosa succedeva?

Nel 1912 l'esperimento venne tentato sotto la direzione di Laue, e riuscì perfettamente. I raggi X, attraversando un cristallo prima di colpire una lastra fotografica, vennero diffratti e produssero un disegno a macchie regolari. Si comportarono esattamente come avrebbero fatto delle onde elettromagnetiche di lunghezza limitatissima. Ciò definì una volta per tutte la vera natura dei raggi X, e sebbene la "X" non fosse ormai più una definizione appropriata, rimase tuttavia in uso fino ai nostri giorni.

E per quanto riguarda Laue, ricevette il Premio Nobel per la fisica nel 1914.

In questi esperimenti c'era ben di più che la semplice dimostrazione della diffrazione dei raggi X. Supponiamo di usare un cristallo la cui struttura sia nota, uno in cui le distanze tra file e strati di atomi possano essere determinati con ragionevole precisione in qualche modo. In questo caso, dai dettagli della diffrazione, sarà possibile determinare la lunghezza d'onda precisa dei raggi X usati. In caso contrario, partendo da un fascio di raggi X di lunghezza d'onda nota, è possibile, bombardando un cristallo i cui dettagli strutturali siano ignoti, determinare la posizione e la distanza degli atomi che formano il cristallo, grazie allo studio del disegno della diffrazione.

Il fisico inglese (di origine australiana) William Lawrence Bragg (1890-1971) era ancora studente a Cambridge quando lesse delle scoperte di Laue, e ne comprese immediatamente le implicazioni. Si mise in contatto con suo padre, William Henry Bragg (1862-1942), professore all'Università di Leeds, che a sua volta era molto interessato al lavoro di Laue. Insieme elaborarono i calcoli necessari ed effettuarono gli esperimenti, che riuscirono puntualmente. I risultati vennero pubblicati nel 1915, e, pochi mesi dopo, i due dividevano il Premio Nobel per la fisica di quell'anno. William Lawrence Bragg aveva solo 25 anni quando ottenne il premio, e rimane tutt'ora il più giovane premiato nella storia del Nobel. Visse anche fino a celebrare il 55° anniversario del suo premio, un altro primato.

La lunghezza d'onda dei raggi X va dai limiti dell'ultravioletto a 10 nanometri (10^{-8} metri) giù giù fino a 10 picometri (10^{-11} metri). Le frequenze da 3×10^{16} a 3×10^{19} cicli al secondo, all'incirca 10 ottave.

La distanza fra i piani degli atomi in un cristallo di sale è di $2,81 \times 10^{-10}$ metri, e la larghezza di un atomo è di circa 10^{-11} metri. Si può vedere che la lunghezza d'onda dei raggi X si trova proprio nella gamma atomica. Non fa meraviglia alcuna che la diffrazione cristallina funzioni per i raggi X.

Come ho già detto, la scoperta dei raggi X portò direttamente a quella della radioattività nell'anno successivo.

La radioattività implica (come suggerisce il nome del fenomeno) la produzione di una radiazione. Questa radiazione dimostrò di avere una capacità di penetrazione come i raggi X, ma si trattava di radiazioni identiche, o perlomeno simili fra loro?

Nel 1899 il fisico francese Antoine Henri Becquerel (1852-1908), che aveva scoperto la radioattività, notò che le radiazioni radioattive venivano deviate da un campo magnetico nella stessa direzione dei raggi catodici.

Questo dimostrava che la radioattività non poteva essere di natura elettromagnetica, dato che le radiazioni elettromagnetiche non sono in ogni caso sensibili ai campi magnetici.

Quasi subito dopo, e indipendentemente, il fisico neozelandese Ernest Rutherford (1871-1937), notò ugualmente che un campo magnetico poteva deviare le radiazioni radioattive. Le sue osservazioni erano però più dettagliate. Infatti notò anche che esistevano almeno due diversi tipi di radiazione radioattiva: uno era quello deviato nel modo che aveva osservato Becquerel, mentre l'altro veniva deviato nella direzione opposta.

Dal momento che i raggi catodici sono costituiti da particelle negative, era chiaro che anche la radiazione che veniva deviata nella stessa direzione consisteva di particelle negative. Di conseguenza, quella deviate nella direzione opposta doveva

essere costituita da particelle positive.

Rutherford chiamò la radiazione positiva “raggi alfa”, dalla prima lettera dell’alfabeto greco, e l’altra “raggi beta”, dalla seconda. Questi nomi sono usati ancora adesso. Le particelle accelerate da cui questi raggi sono composti sono chiamate rispettivamente “particelle alfa” e “particelle beta”. Durante l’anno 1900, Becquerel, Rutherford e i coniugi Curie, Pierre (1859-1906) e Marie (1867-1934), lavorarono sulle radiazioni radioattive. I loro studi dimostrarono che i raggi beta avevano una forza di penetrazione circa 100 volte superiore ai raggi alfa. (Becquerel e i Curie si divisero il Nobel per la fisica nel 1903 e Rutherford ottenne il suo nel 1908, però, con suo snobistico disappunto, per la chimica.)

I raggi beta, con carica negativa, venivano deviati talmente che dovevano essere composti da particelle molto leggere, assomigliando così moltissimo alle particelle dei raggi catodici. Infatti, quando nel 1900 Becquerel calcolò la massa delle particelle beta dalla loro velocità, dall’ampiezza della deviazione e dalla potenza del campo magnetico, divenne chiaro che le particelle beta non solo assomigliavano alle particelle dei raggi catodici, ma che erano identiche fra loro. In poche parole le particelle beta erano elettroni, e i raggi beta un flusso di elettroni accelerati.

Questa scoperta rese evidente che si potevano trovare elettroni non solamente nelle correnti elettriche (che era tutto ciò che aveva indicato la ricerca sui raggi catodici), ma anche in atomi che apparentemente non avevano nulla a che vedere con l’elettricità. Era il primo indizio della struttura complessa degli atomi, e i fisici cominciarono subito a tentar di spiegare come potessero degli atomi contenere elettroni carichi e rimanere allo stesso tempo neutri.

Per quanto riguarda i raggi alfa, invece, si notò che un campo magnetico che deviava fortemente i raggi beta, influiva pochissimo su di loro. Ciò significava che le particelle alfa avevano una massa molto maggiore degli elettroni.

Nel 1903 Rutherford dimostrò che le particelle alfa avevano la stessa massa degli atomi, e nel 1906 aveva perfezionato i suoi calcoli al punto di poter dimostrare che avevano la stessa massa degli atomi di elio. Nel 1909, infatti, provò che le particelle alfa si trasformavano in atomi di elio.

Ancora Rutherford, nel 1911, si mise ad elaborare il concetto di atomo nucleare. Ogni atomo, affermò, era costituito da elettroni negativi posti all’esterno, che circondavano un piccolo “nucleo” positivo che stava al centro. Elettroni e nucleo bilanciavano le cariche e producevano un atomo neutro. Questo concetto rese chiaro che le particelle alfa erano nuclei di elio.

Però i raggi alfa e beta non erano le sole radiazioni prodotte dalla radioattività. Ce n’era un terzo tipo, scoperto nel 1900 dal francese Paul Ulrich Villard (1860-1934). Villard aveva notato che esistevano alcune radiazioni che non venivano *per nulla* deviate dal campo magnetico. Inevitabilmente questa radiazione ricevette il nome di “raggi gamma”, dalla terza lettera dell’alfabeto greco.

C’era una ragione precisa per cui i raggi gamma furono scoperti solo più tardi: le particelle alfa e beta, tutt’e due elettricamente cariche, attraevano o respingevano gli elettroni dagli atomi, lasciando dietro di sé degli ioni caricati positivamente (questo fenomeno fu compreso appieno solo dopo che il concetto di atomo nucleare fu accettato). Con le tecniche dell’epoca era relativamente facile individuare gli ioni, (e

fu ancora più facile con le tecniche più perfezionate sviluppate negli anni successivi). I raggi gamma, privi di carica elettrica, erano meno efficienti nel formare gli ioni, e perciò molto più difficili da individuare.

Il problema era: cosa sono i raggi gamma?

Rutherford pensava che fossero una radiazione elettromagnetica di lunghezza d'onda ancor minore dei raggi X. (E sembrava una soluzione logica, visto che i raggi gamma avevano una forza di penetrazione ancor maggiore dei raggi X.)

Il più anziano dei due Bragg, invece, riteneva che fossero particelle fortemente accelerate. Se fosse stato così, avrebbero dovuto essere elettricamente neutre, dal momento che non venivano influenzate da un campo magnetico. Ma le uniche particelle neutre conosciute all'epoca erano gli atomi integri, i quali avevano scarsa forza di penetrazione. Per giustificare la capacità di penetrare di un flusso di particelle, si sarebbe dovuto supporre che avessero dimensioni subatomiche, e tutte le particelle subatomiche note all'epoca (elettroni e nuclei) erano elettricamente cariche.

Se si fosse provato che le teorie di Bragg erano esatte, si sarebbe trattato di un fatto emozionante, in quanto sarebbe saltato fuori qualcosa di completamente nuovo e diverso: particelle subatomiche neutre. L'ipotesi di Rutherford suggeriva infatti appena poco di più di quello che già esisteva: i raggi gamma, nella sua versione, non erano che una sorta di "super raggi X".

Purtroppo però non è possibile spingere la scienza ad essere drammatica solo perché si ama il dramma. Nel 1914, dopo che Laue aveva dimostrato la diffrazione dei raggi X per mezzo di cristalli, Rutherford riuscì a trovare un cristallo adatto a diffrangere i raggi gamma, e ciò risolse il problema.

La natura dei raggi era elettromagnetica, e le loro lunghezze d'onda iniziavano al limite inferiore dei raggi X, a 10^{-11} metri, verso lunghezze d'onda sempre più corte, indefinitamente.

Un raggio gamma tipico, ha una lunghezza d'onda più o meno pari alla larghezza di un nucleo atomico.

Individuare una lunghezza d'onda specifica che delimiti i raggi X dai raggi gamma è un'operazione puramente arbitraria.

Potremmo definirli in altro modo, dicendo che i raggi X sono emessi da variazioni nel livello d'energia degli elettroni interni, mentre i raggi gamma vengono emessi da variazioni nel livello d'energia di particelle all'interno del nucleo. Può benissimo verificarsi, però, che qualche radiazione particolarmente forte prodotta dagli elettroni abbia lunghezza d'onda inferiore di qualche altra radiazione particolarmente debole prodotta dai nuclei. In questo caso, quelli che noi chiamiamo raggi X e raggi gamma finiscono col sovrapporsi.

Questo, in ogni caso, è un problema creato dall'uomo. Due radiazioni di identica lunghezza d'onda, una prodotta dagli elettroni e l'altra dai nuclei, sono completamente identiche. È la lunghezza d'onda, non l'origine quello che conta, tranne per quanto consente agli esseri umani ad indulgere nella loro passione per la catalogazione.

Ma è possibile andare oltre i raggi gamma, accorciando sempre le lunghezze d'onda?

Per un certo periodo sembrò che ci fosse un candidato per una forma di radiazione

elettromagnetica ancora più potente. Per lo meno, strumenti in grado di individuare radiazioni penetranti individuavano *qualcosa* anche dopo che erano stati protetti con schermi sufficienti a isolarli dalle radiazioni radioattive. C'era qualcosa, dunque, più penetrante dei raggi gamma.

L'ipotesi fu che questa nuova radiazione provenisse dal suolo. E da dove altro poteva venire?

Nel 1911 il fisico austriaco Victor Francis Hess (1883-1964) decise di dare un'ulteriore conferma a ciò che pareva ovvio portando uno strumento per individuare le radiazioni su un pallone. Si aspettava che qualsiasi segno di radiazione penetrante cessasse una volta che si fosse allontanato a sufficienza dal suolo.

Non fu così. Invece di affievolirsi, la radiazione *aumentava* di intensità man mano che saliva. Quando ebbe raggiunto diecimila metri di quota, vide che l'intensità era otto volte quella che si aveva a terra. Hess chiamò (in tedesco) "raggi d'alta quota" questa radiazione, che pensava provenisse dallo spazio esterno. Per questa scoperta ottenne il Premio Nobel per la fisica nel 1936.

Altri scienziati si misero subito a studiare i raggi d'alta quota, ma sembrava che non ci fosse modo di attribuirli ad un particolare corpo celeste. Pareva che provenissero indistintamente da tutto il cosmo, per cui, nel 1925, il fisico americano Robert Andrews Millikan (1868-1935) suggerì di chiamarli "raggi cosmici", e il nome ebbe immediato successo.

L'opinione di Millikan era che i raggi cosmici fossero di natura elettromagnetica, che fossero più corti, e più energici, dei raggi gamma. Credeva inoltre che avessero origine ai confini dell'Universo, dove la materia si crea. Considerava i raggi cosmici un "grido di nascita" della materia e diceva: «Il Creatore è ancora al lavoro». (Millikan, figlio di un ministro Congregazionalista, era profondamente religioso, come molti scienziati.)

Non tutti erano però d'accordo con Millikan. Alcuni sostenevano che i raggi cosmici consistevano in flussi di particelle molto energiche e, con certezza quasi assoluta all'epoca, elettricamente cariche, dato che ancora negli anni '20 non erano state scoperte particelle neutre che avessero forza di penetrazione.

La teoria delle particelle aveva avuto la meglio su quella della radiazione nel caso dei raggi catodici, mentre era accaduto il contrario coi raggi X e gamma. E per i raggi cosmici?

La soluzione non sarebbe stata semplice. Se i raggi cosmici fossero stati una radiazione elettromagnetica, la loro lunghezza d'onda sarebbe stata tanto minuscola che nessun cristallo avrebbe avuto la capacità di produrre un effetto di diffrazione. E se fossero state particelle cariche elettricamente, la loro energia sarebbe stata tale che nessun campo magnetico creato dall'uomo avrebbe potuto deviarle in modo sensibile. Così nessun esperimento poteva dare la certezza e definire il problema.

Tuttavia ad alcuni fisici venne in mente che i raggi cosmici, per raggiungere la Terra, dovevano attraversarne il campo magnetico. Campo magnetico non particolarmente potente, ma così esteso che anche una deviazione di lieve entità sarebbe divenuta misurabile.

Se i raggi cosmici giungevano in misura uguale da ogni parte del cielo, e se erano costituiti da particelle cariche, allora il campo magnetico terrestre avrebbe dovuto

deviarli, allontanandoli dall'equatore magnetico (la zona equidistante dai poli magnetici) verso i poli. È quello che si chiama "effetto latitudine", dato che il campo magnetico terrestre ha l'effetto di spostare l'incidenza dei raggi cosmici dalle latitudini più basse a quelle più alte.

I primi tentativi di dimostrare l'effetto latitudine non furono molto convincenti. Allora, verso il 1930 il fisico americano Arthur Holly Compton (1892-1962) decise di ricominciare dal principio. Si mise a viaggiare in tutto il mondo per diversi anni, spostandosi da una località all'altra e misurando l'intensità dei raggi cosmici in ogni luogo.

Con questo lavoro Compton riuscì a dimostrare che l'effetto latitudine esisteva, e che i raggi cosmici erano, in effetti, formati da particelle cariche.

Millikan si aggrappò cocciutamente alla sua versione elettromagnetica dei raggi cosmici, nonostante fosse ormai evidente il contrario, ma era alla testa di un gruppetto sempre più decrescente. Era in errore. Nessuno oggi dubita più sulla natura dei raggi cosmici. È ora noto che sono formati da particelle positive, più precisamente da nuclei atomici, più che altro di idrogeno, ma anche da più pesanti, fino a quelli di ferro.

Così lo spettro elettromagnetico termina coi raggi gamma dal lato delle onde corte, e colle radioonde da quello delle onde lunghe. Col mese venturo potremo finalmente passare ad altri argomenti.

Stella fuggitiva

The Runaway Star, 1981
Traduzione di Guido Boreani
Urania n. 976 (5 agosto 1984)

Per un conferenziere serio e maturo in piedi su un podio, niente è più pericoloso della presenza di un dodicenne particolarmente sveglio tra il pubblico. Prima di tutto, a dodici anni la luccicanza del cervello è tale da non venire offuscata nemmeno dalla leggera nebbia di un sano dubbio. In secondo luogo, un genio dodicenne non conosce alcun senso di pudore o di umanità: il suo unico fine è quello di mettersi in mostra.

Lo so bene, perché anch'io sono stato un dodicenne molto intelligente.

Una volta stavo tenendo una conferenza di tema astronomico, quando tra il pubblico si alzò di scatto una mano. Il proprietario era un ragazzetto nei cui occhi brillava quel lampo di avidità che riconobbi immediatamente. Se la sua mano non fosse stata l'unica alzata, non mi sarei mai sognato di notarla.

Con l'inconfondibile vocetta tremante, tipica di un dodicenne, disse: — Signore, qual è la seconda stella più vicina?

Mi rilassai. Avevo intuito il suo proposito diabolico. Tutti sanno che la stella più vicina è Alpha Centauri. Nessuno invece sa qual è la seconda, e il piccolo mostro voleva mettere in evidenza la mia ignoranza. Sapendo di essere uno dei pochi a conoscere, non solo il nome della stella più vicina, ma anche la sua distanza, sorrisi con aria benevola.

— È la stella Barnard, giovanotto — dissi — e si trova a circa sei anni luce da noi.

Mi guardò con aria perplessa e chiese: — Allora qual è la più vicina?

Con pazienza gli dissi: — È Alpha Centauri, ragazzo, che si trova a 4,3 anni luce da noi e che in realtà è un sistema tristellare di...

— Ma signore — disse il piccolo mostro facendo scattare la sua trappola — pensavo che la stella più vicina fosse il Sole.

Di colpo il pubblico si scrollò di dosso il torpore per prorompere in stridule risatine che io assecondai ridendo a mia volta dall'alto del podio. (Non mi sono mai liberato dalla cattiva abitudine di ridere degli scherzi fatti a mie spese.)

Sono sicuro che vi farebbe piacere sapere che scovai il mostriciattolo in seguito, e che lo eliminai dalla faccia della Terra, ma in realtà non è stato così. Forse a quest'ora si sta specializzando e non è lontano il giorno in cui lui stesso dovrà salire sul podio e magari trovarsi di fronte un dodicenne che, spero, lo farà a brandelli.

Io, dal canto mio, mi vendicherò parlando della stella di Barnard e comincerò spiegando chi diavolo fosse questo Barnard per avere una stella tutta sua.

Edward Emerson Barnard nacque a Nashville, nel Tennessee, il 16 dicembre del 1857, in una famiglia decaduta. Suo padre era già morto quando lui nacque. Riuscì a frequentare la scuola per due mesi soltanto e a nove anni già lavorava per contribuire a

mantenere sé e la sua famiglia. Lavorò per 17 anni in uno studio fotografico. Questa esperienza ebbe i suoi vantaggi perché gli diede l'opportunità di apprendere la nascente arte della fotografia negli anni in cui stava diventando il sostegno principale dell'astronomia. Il telescopio era solo un supplemento per l'occhio, mentre la macchina fotografica lo sostituiva.

Anche quando Barnard diventò un esperto fotografo, continuò ad interessarsi di astronomia e, ancora giovane, scoprì varie comete (o meglio, fu il primo ad osservarne l'avvicinamento). Come risultò in seguito, Barnard aveva (si crede) gli occhi più acuti di qualsiasi astronomo conosciuto all'epoca. Per fare un esempio, una volta riuscì a localizzare un cratere sulla superficie di Marte, ma non rese la cosa ufficiale perché pensava che lo avrebbero deriso. I crateri furono infatti scoperti su Marte nel 1965, ma non con l'uso diretto di occhi meno umani di quelli di Barnard. Furono fotografati dalla sonda di Marte, il *Mariner 4*, durante un approccio più diretto al pianeta.

Tra il 1883 e il 1887, grazie alla sempre crescente fama di Barnard come astronomo, fu nominato "instructor" alla Vanderbilt University di Nashville. Quando lasciò l'incarico, ancora senza laurea, si unì allo staff del Lick Observatory, appena fondato a Mount Hamilton, in California e iniziò la carriera professionale vera e propria. Nel 1893, fu insignito del titolo di Dottore in Scienze alla Vanderbilt University (per il suo lavoro, non per le sue lezioni) e nel 1895 divenne professore di astronomia All'Università di Chicago. Lavorò all'Osservatorio di Yerkes dopo che fu fondato, a Lake Geneva, nel Wisconsin, nel 1905. Morì il 6 febbraio 1923.

Nell'autunno del 1916, Barnard partecipò ad un congresso della Società Astronomica Americana allo Swarthmore College, vicino a Filadelfia, e annunciò che aveva notato uno spostamento nella posizione di una particolare stella, uno spostamento che significava che era dotata di un moto proprio più ampio di quello di qualsiasi altra stella tra quelle allora conosciute. Quella stella si chiama "stella di Barnard" fin da allora. A causa del suo veloce moto proprio, spesso è chiamata "Stella fuggitiva di Barnard".

Il moto proprio di una stella è il suo cambiamento di posizione rispetto alle varie stelle intorno ad essa, ed è di solito espresso in secondi di arco all'anno, che può essere abbreviato con "/yr.

Tre fattori contribuiscono al moto proprio. Uno è il vero moto relativo della stella in rapporto a noi, il secondo è la frazione di quel moto che attraversa il nostro campo visivo e il terzo è la distanza della stella.

Per quanto riguarda il primo fattore, tutte le stelle sono dotate di un moto relativo una rispetto all'altra, e le velocità relative sono, in linea di massima, pressoché uguali. Il vero moto relativo delle stelle contribuisce solo minimamente a qualsiasi moto proprio percettibile.

Per quanto riguarda il secondo fattore, la maggior parte delle stelle ha una traiettoria obliqua rispetto a noi: né viaggiano direttamente verso di noi o in senso contrario, né attraversano il nostro campo visivo. L'angolo di moto ha una certa rilevanza solo in rapporto ad un moto proprio considerevole.

Il terzo fattore è il più determinante. Ad una data velocità in una data direzione relativa a noi, più una stella è lontana, più piccolo sarà il suo apparente spostamento contro lo sfondo di stelle, cioè, più piccolo sarà il suo moto proprio. Infatti, per tutte le

stelle, tranne che per quelle più vicine il moto proprio è troppo irrilevante per poter essere misurato. Di conseguenza, il semplice fatto che una stella sia dotata di moto proprio, indica immediatamente all'astronomo che è molto vicina a noi.

È un fatto positivo che la maggior parte delle stelle sia dotata di un moto proprio non misurabile, altrimenti sarebbe difficile isolare i singoli moti propri, poiché la posizione di una data stella in un particolare momento può essere misurata accuratamente solo in rapporto ad una stella vicina. E se quella stessa stella si muovesse in modo visibile, le condizioni si complicherebbero ulteriormente.

Stando così le cose, si può solo misurare qualsiasi stella abbastanza vicina al sistema solare, dotata di moto proprio, in rapporto alla stella più vicina, e si può quasi sempre far riferimento a questa stella, dato che è fondamentalmente immobile rispetto ad altre stelle e per questo è un preciso termine di paragone.

La stella di Barnard, una volta misurata la sua posizione in rapporto alle stelle più vicine per un periodo di tempo, dimostrò di muoversi alla velocità di 10,31 "/yr. Non solo è dotata del moto proprio più ampio di quello di ogni altra stella conosciuta al tempo della sua scoperta, ma non è mai stata scoperta nessun'altra stella con un moto proprio più ampio, che io sappia.

Di conseguenza, non solo possiamo dedurre che è una stella vicina, ma deve essere una delle più vicine, se non la più vicina addirittura.

E invece no: non è la più vicina. La più vicina (sempre escludendo il nostro Sole, maledetto ragazzino) è Alpha Centauri, che dista da noi 4,27 anni luce. La stella di Barnard comunque è la seconda, visto che dista solo 5,86 anni luce.

Per la verità, 10,31 "/yr è più che altro una cifra simbolica. È solo incredibilmente grande se paragonata al moto proprio delle altre stelle.

Per esempio, l'ampiezza della Luna piena quando è al perigeo ed è nella posizione di massima vicinanza alla Terra, è di 33,50 minuti di arco (che possono venire rappresentati con il simbolo 33,50') di ampiezza. E siccome $1' = 60''$, la Luna ha un diametro di 2.010'', e la stella di Barnard impiegherebbe 195 anni per coprire una distanza simile.

Il simbolo di un grado di arco è $^{\circ}$ e $1^{\circ} = 60'$, mentre ci sono 360° per coprire un'intera circonferenza. Possiamo concludere che se la stella di Barnard si muovesse nella stessa direzione, alla velocità all'infinito, ci vorrebbero 125.700 anni per compiere un giro completo del cielo.

Perché la stella di Barnard ha un moto proprio più ampio dell'Alpha Centauri, anche se è più distante? Il moto proprio di Alpha Centauri è di 3,68 "/yr, ovvero solo circa un terzo di quello della stella di Barnard.

Alla distanza della stella di Barnard, un moto proprio di 10,31 "/yr corrisponde ad un moto trasversale (attraverso il campo visivo) di circa 90 chilometri al secondo (km/sec). Il moto radiale (direttamente verso di noi o in direzione contraria) della stella di Barnard, può essere determinato dallo spostamento delle linee scure del suo spettro in rapporto alla luce proveniente da una sorgente fissa. Il movimento, nel caso della stella di Barnard, è equivalente ad una velocità di 108 km/sec. Siccome la stella evidenzia uno spostamento nella direzione del lato violetto dello spettro, si avvicina a noi a quella velocità.

Sommando le due velocità, riscontriamo che la “velocità spaziale” della stella di Barnard è di 141 km/sec. verso di noi, con un angolo di 50° dalla linea di approccio diretto. Sottoponendo Alpha Centauri allo stesso esame, la sua velocità spaziale risulta di 34 km/sec verso di noi, ad un angolo di $47,5^\circ$ dalla linea di approccio diretto.

Entrambe le stelle si avvicinano a noi obliquamente con circa la stessa inclinazione, così l'angolo di movimento non è un fattore determinante. Tuttavia, la velocità nello spazio della stella di Barnard è 4,14 volte quella dell'Alpha Centauri che, in *questo* caso, è il fattore determinante. La maggior distanza della stella di Barnard riduce l'incidenza della sua maggiore velocità nello spazio, cosicché il suo moto proprio è solo 2,8 volte maggiore di quello dell'Alpha Centauri.

La velocità nello spazio della stella di Barnard è senz'altro un primato anche tra quelle stelle più vicine in cui la velocità può essere determinata con una certa precisione. Consideriamo per esempio la stella di Kapteyn, dal nome dell'astronomo olandese Jacobus Cornelius Kapteyn (1851-1922). È la seconda stella dotata di moto proprio più veloce tra quelle conosciute, $8,79''/\text{yr}$, quasi sette ottavi di quella di Barnard. La stella Kapteyn comunque, dista da noi 13,0 anni luce, cosicché è tre volte e un quarto più lontana di quella di Barnard.

La stella di Kapteyn si allontana da noi secondo un angolo di solo $34,5''$ dalla linea di recessione diretta, dimodoché una frazione chiaramente più piccola del suo moto proprio risulta visibile attraverso il campo visivo, e può essere misurata come moto proprio. La velocità nello spazio della stella Kapteyn comunque, è di $293,5 \text{ km/sec.}$, cosicché si muove ad una velocità doppia di quella della stella di Barnard.

Se i moti dell'Alpha Centauri, della stella di Barnard e di quella di Kapteyn attraversassero tutti e tre direttamente il campo visivo, allora il moto proprio sarebbe, rispettivamente, di $5,44''/\text{yr}$, $16,5''$ e $15,54''/\text{yr}$. Nel qual caso la stella di Barnard potrebbe a fatica detenere il primato su quella di Kapteyn.

Naturalmente la stella di Barnard si sta avvicinando a noi, mentre quella di Kapteyn si sta allontanando. Cosicché, col passare dei secoli, la stella di Barnard aumenterà il suo moto proprio perché sarà più vicina a noi e anche perché, man mano che si avvicina, una frazione sempre maggiore del suo moto attraverserà il nostro campo visivo. La stella di Kapteyn, d'altro canto, diminuirà il suo moto proprio per la ragione opposta. (In entrambi i casi, presumo che la velocità di ognuno rispetto al sistema solare non cambierà nella stessa proporzione).

La stella di Barnard raggiungerà il punto più vicino a noi tra 9.800 anni, quando disterà 3,85 anni luce, cioè solo i tre quinti della sua distanza attuale. A quel punto di massima vicinanza, la stella di Barnard si muoverà direttamente attraverso il nostro campo visivo.

Il suo moto proprio a quel tempo sarà di $26,4''/\text{yr}$, ovvero due volte e mezzo quello attuale. Se ora è una stella fuggitiva, cosa sarà allora? Si muoverà ad una velocità che le farà percorrere l'ampiezza della Luna piena al perigeo in soli 76 anni.

La stella di Barnard sarà allora più vicina a noi?

L'unica rivale potrà essere l'Alpha Centauri. La stella di Barnard arriverà ad essere più vicina a noi di quanto non lo sia ora Alpha Centauri, ma anche Alpha Centauri si sta avvicinando a noi. Quando la stella di Barnard si troverà nel punto più vicino a noi, tra 9.800 anni, l'Alpha Centauri disterà circa 3,92 anni luce, un terzo di un anno luce

più vicina di ora, ma a quel tempo non sarà vicina quanto la stella di Barnard.

Se i miei calcoli approssimativi sono corretti, la stella di Barnard, per un periodo di tempo relativamente breve, compreso all'incirca nell'arco dei prossimi diecimila anni, sarà la stella più vicina nel cielo (sempre escludendo il Sole, maledetto ragazzino).

Ma a quel tempo la stella di Barnard ci supererà trasversalmente e comincerà ad allontanarsi, e continuerà a farlo per un lungo periodo. A quel tempo, e per migliaia di anni ancora comunque, l'Alpha Centauri continuerà ad avvicinarsi a noi. Raggiungerà il suo punto di massima vicinanza a noi tra 38.000 anni, quando si muoverà trasversalmente ad una distanza di 2,90 anni luce, solo due terzi della sua distanza attuale. Dopodiché, anche lei si allontanerà.

Possiamo giungere a un'interessante considerazione se misuriamo queste distanze minime in parsec (che gli astronomi preferiscono agli anni luce). Un parsec è uguale a 3,26 anni luce. Ciò significa che la stella di Barnard si avvicinerà dalla sua attuale posizione di 1,81 parsec ad una distanza minima di 1,18 parsec tra 9.800 anni. L'Alpha Centauri, d'altra parte, si avvicinerà dalla sua attuale distanza di 1,31 parsec ad una distanza minima di 0,89 parsec tra 38.000 anni.

Per un breve periodo (astronomicamente parlando) nel suo viaggio attraverso la Galassia, Alpha Centauri disterà meno di un parsec dal sistema solare.

Questo fenomeno è piuttosto frequente. Paula R. Weissman, del Jet Propulsion Laboratory ritiene che una stella passi a meno di un parsec dal sistema solare in media ogni 200.000 anni. Ciò significa che 23.000 stelle lo hanno fatto nei 4,6 miliardi di anni di vita del Sole, e forse altre 30.000 lo faranno prima che il Sole giunga al termine dell'attuale fase del suo ciclo vitale e che diventi un gigante rosso.

Inoltre, sapere che moltissime stelle lo faranno prima o poi, non equivale a sapere che una stella lo farà in una data fase.

A questo punto, io vorrei sottoporre un quesito a qualcuno dei miei gentili lettori che abbiano una conoscenza dell'argomento superiore alla mia e che conoscano meglio di me le meccaniche degli astri. Noi sappiamo che l'Alpha Centauri è prossima a passare a meno di un parsec da noi, ma ci risulta che qualche altra stella lo farà? Ce n'è una in particolare (o più di una) nel cielo, di cui si conosca la velocità nello spazio e il fatto che si dirige verso di noi, che passerà ad una distanza inferiore a un parsec? E se così fosse, di quale stella (o stelle) si tratta? E quando succederà? Sarò lieto di comunicare a tutti i miei lettori qualsiasi notizia che riceverò sull'argomento.

Il moto proprio delle stelle fu notato per la prima volta nel 1718 dall'astronomo inglese Edmund Halley. Egli notò che Sirio, Prozione e Arturo non si trovavano più nella posizione in cui erano state avvistate dagli antichi astronomi. Queste stelle sono dotate di moto proprio relativamente piccolo: quello di Sirio è di 1,32 "/yr e quello di Prozione è di 1,25 "/yr, ma Halley aveva il vantaggio di duemila anni di osservazioni precedenti.

Dopo l'osservazione di Halley, si studiò il moto proprio delle stelle in rapporto alle altre. Come è stato possibile allora che il moto proprio della stella di Barnard, la più veloce di tutte, sia stato ignorato fino al 1916, due secoli dopo la scoperta del fenomeno?

Naturalmente la risposta è che la stella di Barnard non aveva il vantaggio di

migliaia di anni di osservazioni, perché non è una stella luminosa. Infatti non è visibile ad occhio nudo, cosicché non fu possibile vederla fino all'invenzione del telescopio del 1608. La magnitudo della stella Barnard (cioè la sua luminosità visibile su scala logaritmica) è di 9,5 e la stella più tenue visibile da chi ha buona vista in una notte senza Luna è di 6,5 in magnitudo. (Più piccola è la cifra che misura la magnitudo, più luminoso è l'oggetto). Ciò significa che la luminosità della stella di Barnard è solo 1/16 di quella della stella più tenue visibile a occhio nudo.

Anche quando l'uso dei telescopi rese possibile l'osservazione della stella di Barnard, era solo una delle circa 130.000 simili, vaghe stelle, e non c'era motivo di osservare *lei* più accuratamente delle altre. Il fatto che *lei*, potenzialmente solo *lei* tra loro, avesse un ampio moto proprio, poteva essere notato solo per caso. Qualcuno, confrontando due osservazioni (o fotografie) di un cielo stellato che per caso conteneva la stella di Barnard, avrebbe dovuto notare che una delle stelle appartenenti al pulviscolo era fuori posto e, guardando più attentamente avrebbe detto «Ehi, che strano!» e avrebbe incominciato a fare altre osservazioni (oppure avrebbe cercato altre lastre dello stesso cielo stellato scattate in altre circostanze).

Fu proprio Barnard a farlo, e di conseguenza rese immortale il suo nome.

La stella di Barnard è piccola, con una massa non superiore a un quinto della massa del nostro Sole, e perciò solo duecento volte quella del pianeta Giove. Non ha una massa molto superiore al minimo richiesto per produrre temperatura e pressione sufficienti affinché il suo nucleo provochi la reazione di fusione dell'idrogeno. La fusione avviene ad una velocità relativamente bassa, cosicché la temperatura della superficie della stella di Barnard è solo di 2.800°C, ovvero solo la metà di quella della superficie solare.

A questa temperatura, la stella di Barnard emette solo una fiacca luce rossa. Appartiene alla classe M5, ed è una nana rossa. Se la stella di Barnard rimpiazzasse il nostro Sole, apparirebbe come un cerchio rosso del diametro di 1/4 di quello del Sole, e la sua superficie apparente sarebbe di circa 1/16.

La quantità totale di luce e di calore che riceveremmo dalla stella di Barnard, allora sarebbe 1/270 di quella che ora otteniamo dal Sole, cosicché se la nostra sorgente di calore fosse la stella di Barnard, la Terra sarebbe una superficie desolata, eternamente gelata. Per ottenere altrettanto calore dal Sole, la Terra dovrebbe svolgere il movimento di rivoluzione intorno a lui ad una distanza di circa 7.800.000.000 di chilometri, ovvero solo un po' superiore a quella di Plutone nel suo punto più lontano.

Se la distanza della Terra dalla stella di Barnard dovesse rimanere uguale a quella che ha dal Sole, verrebbe afferrata in un campo gravitazionale più debole e compirebbe il suo movimento di rotazione attorno alla stella di Barnard in circa 850 giorni, o meglio, in più di due anni e un quarto.

Naturalmente, non è il caso di guardare la stella di Barnard con eccessivo disprezzo. Non è poi la stella più tenue in assoluto. Per esempio, la debole lontana compagna del sistema binario di Alpha Centauri, che è conosciuta col nome di Proxima Centauri, è anch'essa una nana rossa, ma decisamente più tenue della stella di Barnard.

La stella di Barnard è quasi sette volte più luminosa della Proxima Centauri.

Tuttavia, la stella di Barnard si sta avvicinando a noi, e la sua lucentezza visibile è in aumento, il che significa che la sua magnitudo sta calando. E cosa succederà nella

fase in cui la stella di Barnard raggiungerà il punto di massima vicinanza, tra 9.800 anni? Quanto sarà luminosa a quel tempo? Sarà visibile ad occhio nudo?

Nella sua fase di massima vicinanza, la stella di Barnard avrà una magnitudo 0,9 volte inferiore a quella di ora: sarà di 8,6. Sarà due volte e un quarto più luminosa di ora, ma la sua luminosità sarà ancora solo 1/7 di quella necessaria per essere vista ad occhio nudo, nelle migliori condizioni di osservazione, dalla superficie della Terra. La stella di Barnard dovrebbe trovarsi entro 1,5 anni luce (mezzo parsec) dalla Terra, per essere solo avvistata ad occhio nudo come una stella tenue.

Tuttavia, buia o no, il moto proprio della stella di Barnard è spettacolare ora, e lo sarà ancor di più nella fase di massimo avvicinamento. Immaginate gli astronomi mentre fotografano la regione del cielo in cui la stella di Barnard si trova ad ogni Capodanno. In 76 anni, il suo movimento ricoprirebbe l'ampiezza della Luna piena, mentre le stelle intorno ad essa non compirebbero nessun movimento degno di nota. Se i 76 fotogrammi fossero sovrapposti e fatti passare in un proiettore ad una velocità moderata, si vedrebbe la stella di Barnard muoversi attraverso il cielo stellato. Darebbe all'osservatore l'esatta sensazione del movimento di quella vicina stella fuggitiva.

Visto che abbiamo preso in considerazione la luminosità crescente della stella di Barnard, che dire ora di quella di Alpha Centauri?

Proprio adesso, Alpha Centauri ha una magnitudo visibile di -0,27 (che naturalmente rappresenta la luce sommata dei due elementi del sistema binario, siccome ad occhio nudo non possono essere colti come due distinte sorgenti luminose). È decisamente una stella molto luminosa, il che non deve sorprendere, visto che Alpha Centauri è molto più vicina a noi delle altre stelle.

Tuttavia Alpha Centauri è solo la terza stella in cielo, come luminosità. È superata da due altre stelle, più lontane di Alpha Centauri, ma talmente luminose che, nonostante la loro distanza, brillano più di Alpha.

La seconda stella, come luminosità, è Canopus, con una magnitudo di -0,72, mentre la più luminosa di tutte è Sirio, con una magnitudo di -1,42.

Ma, ancora una volta, non dobbiamo dimenticare che Alpha Centauri si sta avvicinando alla Terra e sta lentamente diventando più luminosa. Che luce avrà tra 38.000 anni, quando raggiungerà la distanza minima di 2,90 anni luce dal sistema solare?

A quel tempo, la sua luminosità nel cielo sarà 2,17 volte superiore a quella attuale. Ciò significa che avrà una magnitudo di -1,11 e sarà allora di gran lunga più luminosa di Canopus.

Canopus, che dista circa 195 anni luce, ovvero circa cinquanta volte la distanza di Alpha Centauri (e, ciononostante, è così luminosa da offuscare Alpha Centauri, attualmente) si sta allontanando da noi. In 38.000 anni comunque, si sarà allontanata solo di circa 2,6 anni luce, e incrementato dalla sua distanza di un misero 1,3 per cento aumenterà la sua magnitudo che passerà da -0,72 a -0,71, un calo insignificante.

Ciononostante, anche a una magnitudo di -1,11, l'Alpha Centauri rimarrà più tenue di quanto non sia Sirio attualmente. E sarebbe opportuno ricordare che anche Sirio si sta avvicinando a noi, sebbene molto lentamente. Ha una velocità spaziale di 18

km/sec. a un angolo di 63° con la linea che la unisce a noi. Tra 38.000 anni sarà più vicina di circa un anno luce, cioè disterà 7,63 anni luce, anziché 8,63. La sua luminosità allora sarà 1,28 volte superiore a quella attuale e la sua magnitudo sarà di -1,69.

Alpha Centauri non sarà mai la stella più luminosa del cielo, comunque. La sua luminosità massima sarà solo il 60 per cento di quella di Sirio, in quella fase. (E sarà un progresso, perché ora la luminosità di Alpha Centauri è un terzo di quella di Sirio).

Dopo la fase di massimo avvicinamento di Alpha Centauri, tra 38.000 anni, comunque la stella comincerà ad allontanarsi e indebolirsi, mentre Sirio continuerà ad avvicinarsi. Ci vorranno circa 60.000 anni prima che Sirio scivoli davanti a noi al suo punto di massimo avvicinamento, quando disterà da noi 7,15 anni luce. La sua magnitudo sarà allora -2,27 e avrà una luminosità circa due volte superiore a quella attuale.

Ci saranno altre stelle che rasenteranno la Terra più di Sirio: Alpha Centauri e la stella di Barnard, per esempio. Comunque, la maggior parte dei bolidi sarà costituita da stelle tenui, siccome sono di gran lunga più numerose di quelle luminose. Non più di una stella su mille è più luminosa intrinsecamente di Sirio, cosicché sarà più splendente in cielo quando sarà più vicina a noi di Sirio, o anche meno.

Ed ecco un secondo quesito per gli esperti. C'è una stella in cielo, di qualsivoglia dimensione, che sappiamo passerà su di noi in modo tale, che nella sua fase di massimo avvicinamento, brillerà con una magnitudo inferiore a -2,27, così da essere più luminosa di Sirio nella sua fase di massimo avvicinamento? Se così fosse, qual è il nome della stella (o delle stelle)? Quando avverrà ciò, e quale sarà la luminosità della stella (o delle stelle)? Ripeto che sarò ben lieto di comunicare a tutti i miei Cari Lettori qualsiasi notizia dovessi ricevere al riguardo.

Anche se la risposta alle due domande formulate in questo saggio in entrambi i casi sarà che nessuna stella tra quelle finora conosciute risponde a questi requisiti, e nessuna occasione del genere può essere prevista per il momento, sarà ugualmente interessante saperlo.

Comunque, non abbiamo ancora finito con la stella di Barnard. In un prossimo articolo ci occuperemo dei suoi aspetti più interessanti.

Veleni in negativo

1985

Traduzione di Laura Serra
Urania n. 1034 (26 ottobre 1986)

Ieri ero seduto a scrivere il mio 321° articolo per *Fantasy and Science Fiction*. L'ho intitolato *How High in the Sky* e il lavoro procedeva a gonfie vele. Ero contento perché elaborarne la struttura mi riusciva molto facile. Il testo pareva come scriversi da solo, e non ho dovuto consultare quasi alcun libro. Mentre lavoravo fischiavo.

Poi, quando sono arrivato all'ultima cartella e ho cominciato a buttar giù con entusiasmo i paragrafi culminanti, mi sono detto: «Come mai queste parole mi suonano d'un tratto familiari? Ho forse già scritto un articolo come questo?».

Vedete, è noto pressoché a tutti che sono una persona timida, riservata, straordinariamente modesta, ma c'è una cosa mia di cui tendo – solo minimamente – a vantarmi, e quella cosa è la mia memoria eccezionale. Così ho premuto il bottone dei ricordi e sul mio schermo interno è comparso un articolo intitolato *The Figure of the Farthest*. Sperando ardentemente che la memoria stavolta mi avesse tradito, ho controllato. L'articolo in questione era il 182°, pubblicato sul numero di dicembre del 1973, circa undici anni e mezzo fa. Già, proprio così. Quel testo di tanto tempo prima era praticamente identico a quello che avevo appena terminato.

Ho stracciato subito ciò che avevo scritto per quasi tutto il giorno e, sentendomi di colpo di cattivo umore, ho cominciato a rimuginare. Di cos'altro avrei potuto parlare?

Per un po' non sono riuscito a pensare ad altro che ad argomenti già trattati. Anzi, stavo proprio arrivando alla scoraggiante conclusione di avere scritto ormai tutto ciò che c'era da scrivere, quando Janet, la mia cara moglie, è entrata nello studio con aria preoccupata.

Dio santo, mi sono detto, quella dolce donna capta a tal punto i miei stati d'animo che, telepaticamente, è riuscita ad intuire la mia infelicità dall'altro capo dell'appartamento.

— Che cosa vuoi? — ho brontolato dolcemente.

Lei ha teso la mano verso di me.

— Oggi ti sei dimenticato di prendere le vitamine — ha detto.

Di solito accolgo affermazioni come quelle con amabili ringhi e qualche sbrigativo commento affettuoso. Questa volta però mi sono illuminato e ho detto: — Ti ringrazio moltissimo, tesoro — e ho inghiottito le stupide pillole con un gran sorriso.

Perché, sapete, mi ero appena reso conto di non avere mai scritto un articolo sulle vitamine.

Credo che gli esseri umani abbiano sempre sofferto di carenza vitaminica, ma la carenza di solito si manifestava quando erano sottonutriti o costretti a una dieta monotona (o entrambe le cose): quando, per esempio, si trovavano in prigione, o in

città assediate, o nella miseria più nera.

A quei tempi si pensava in genere che le vittime fossero morte di fame o di una delle molte malattie che colpivano gli esseri umani. In epoca antica si aveva un atteggiamento stoico di fronte a tali decessi, specie se i morti e i moribondi erano furfanti, canaglie, zoticoni e altri membri delle classi più umili.

Ma poi un flagello sconosciuto cominciò ad affliggere chi viaggiava per mare...

La dieta sulle navi era generalmente monotona e cattiva. Nei bei tempi antichi non c'erano i frigoriferi, e così non aveva senso caricare a bordo provviste che andavano a male o ammuffivano troppo facilmente. Perciò di solito si davano da mangiare ai marinai cose come gallette e carne salata di maiale, cibi che, anche se tenuti a temperatura ambiente, duravano quasi un'eternità, per l'ottima e plausibile ragione che nessun batterio rispettabile avrebbe mai toccato quella roba.

Questi alimenti fornivano ai marinai calorie e ben poco altro, ma in epoca antica e nel medioevo, quando si viaggiava per mare, si navigava soprattutto vicino alla costa e si facevano spesso soste durante le quali i marinai potevano mangiare cibi degni di questo nome, per cui non c'erano problemi.

Nel Quindicesimo secolo, però, iniziò l'Era delle Esplorazioni, e le navi intrapresero viaggi più lunghi, nel corso dei quali si rimaneva in mare per più tempo. Nel 1497 l'esploratore portoghese Vasco de Gama (1460-1524) circumnavigò l'Africa ed effettuò il primo viaggio marittimo dal Portogallo all'India. Il viaggio durò undici mesi e, quando la nave raggiunse l'India, molti membri dell'equipaggio avevano lo scorbuto, una malattia che dà sintomi come gengive sanguinanti, denti traballanti, dolore alle articolazioni, debolezza e tendenza a procurarsi facilmente dei lividi.

Non era una malattia sconosciuta, perché ne soffrivano anche coloro che sopportavano lunghi assedi in tempo di guerra, ed era stata oggetto di particolari osservazioni e analisi almeno fin dall'epoca delle Crociate. Quella però era la prima volta in cui la malattia si manifestava a bordo di una nave.

Naturalmente nessuno conosceva la causa dello scorbuto, così come nessuno sapeva quale fosse in genere la causa delle varie malattie. Né si sospettava che il problema potesse essere connesso alla dieta, dato che tutti erano convinti che il cibo fosse solo cibo e che se placava la fame aveva assolto la sua funzione.

Due secoli dopo de Gama lo scorbuto continuava ad affliggere chi viaggiava per mare, con conseguenze molto gravi. I marinai che si ammalavano di scorbuto non riuscivano a fare il loro lavoro, e le navi, agli albori dell'epoca moderna, correvano spesso il rischio di affondare durante le tempeste anche quando l'intero equipaggio era in buone condizioni fisiche e lavorava duro.

Eppure da alcuni indizi si capiva che lo scorbuto si poteva guarire.

Tra il 1531 e il 1542 l'esploratore francese Jacques Cartier (1491-1557) per tre volte raggiunse in nave il Nordamerica, esplorando il Golfo di San Lorenzo e il fiume San Lorenzo, e ponendo le basi del dominio francese in quella che è adesso la provincia di Quebec. Nel corso del secondo viaggio, tra il 1535 e il 1536, passò l'inverno in Canada. A bordo non solo c'era scarsità di cibo durante l'inverno, ma mancavano anche in continuazione molte altre cose indispensabili, per cui venticinque uomini di Cartier morirono di scorbuto, e quasi un centinaio di altri finirono per essere, chi più chi meno, così debilitati da non poter lavorare.

Secondo quanto si racconta, gli indiani fecero bere ai malati acqua in cui erano stati tenuti a bagno degli aghi di pino, e la pozione produsse un netto miglioramento.

Poi, nel 1734, J.G.H. Kramer, un botanico austriaco aggregato all'esercito austriaco durante la guerra di successione polacca, notò che lo scorbuto, quando infieriva, infieriva quasi sempre sui militari di truppa, mentre gli ufficiali parevano in genere esserne immuni. Osservò che i soldati semplici seguivano una dieta monotona a base di pane e fagioli, mentre gli ufficiali consumavano spesso verdure. Quando un ufficiale non mangiava verdura, tendeva ad ammalarsi di scorbuto quanto i soldati semplici. Kramer spiegò che per prevenire lo scorbuto bisognava assolutamente includere frutta e verdura nella dieta. Ma nessuno gli badò. L'idea era sempre che il cibo aveva l'unica funzione di placare la fame.

Lo scorbuto rappresentò un problema particolarmente grave per la Gran Bretagna, che faceva assegnamento sulla marina per difendere il suo territorio e salvaguardare il suo commercio. Era chiaro che se i marinai inglesi si ammalavano di scorbuto, la marina rischiava di non riuscire ad agire con prontezza nei momenti cruciali.

Un medico scozzese, James Lind (1716-1794), tra il 1739 e il 1748 prestò servizio nella marina britannica prima come assistente di un chirurgo e poi come chirurgo, ed ebbe così l'ottima opportunità di osservare le condizioni di vita assolutamente atroci che c'erano a bordo.

(In quella stessa epoca Samuel Johnson disse che nessuno che avesse avuto l'intelligenza di optare per la prigione avrebbe mai prestato servizio a bordo di una nave. Sulle navi, affermò, c'era meno spazio che nelle prigioni, il cibo era peggiore, la compagnia ancor meno raccomandabile, e c'era inoltre il rischio di annegare. Nel diciottesimo secolo gli inglesi in tempo di guerra persero a causa delle malattie e delle diserzioni circa 88 uomini per ciascuno ucciso in battaglia.)

Nel 1747 Lind scelse dodici uomini debilitati dallo scorbuto (ovviamente la possibilità di scelta era ampia), li divise in gruppi di due e diede a ciascuna coppia un diverso supplemento alimentare. Una coppia ricevette due arance e un limone al giorno nei sei giorni di durata della prova, e quella coppia si riprese dalla malattia con sorprendente rapidità.

Subito dopo Lind dovette assumersi il compito di convincere la marina inglese a dare regolarmente da mangiare ai marinai degli agrumi. Era un'impresa pressoché impossibile perché, come sappiamo tutti, i militari hanno un rigido limite che consente loro di assimilare una sola idea nuova nel corso dell'intera vita e, a quanto pareva, gli ammiragli britannici avevano già raggiunto quel limite all'età di cinque anni o giù di lì.

C'è poi da dire che il capitano Cook (1728-1779) durante i suoi viaggi di esplorazione perse solo un uomo a causa dello scorbuto. Si procurava a ogni occasione verdure fresche, e aggiunse alle razioni anche crauti e malto. Per qualche motivo il merito di avere sconfitto lo scorbuto fu attribuito ai crauti e al malto, benché non fossero affatto essenziali, e questo contribuì a rendere ancora più nebulosa la faccenda.

Poi scoppiò la rivoluzione americana, seguita dalla rivoluzione francese, e la situazione si aggravò. Nel 1780 (l'anno prima della decisiva battaglia di Yorktown, quando la Francia, per un attimo cruciale, assunse il controllo dell'Atlantico

occidentale) 2400 marinai inglesi, un settimo del totale, erano ammalati di scorbuto.

Nel 1794 la marina britannica si trovò in un'impasse quasi totale quando molti marinai, esasperati dal trattamento disumano che ricevevano, si ammutinarono. Una delle richieste che gli ammutinati avanzarono era di ricevere una razione di succo di limone. A quanto pareva i marinai semplici, cosa ben poco sorprendente, non erano affatto contenti di avere lo scorbuto e, cosa ancora meno sorprendente, avevano più sale in zucca degli ammiragli.

L'ammutinamento fu sedato con un sapiente miscuglio di barbare punizioni e riluttanti concessioni. Poiché i limoni del Mediterraneo erano costosi, l'Ammiraglio britannico decise di ordinare le limette delle Indie Occidentali, che non avevano la stessa efficacia dei limoni, ma erano meno care. È da allora che i marinai inglesi sono chiamati "limeys".

Così lo scorbuto cessò di rappresentare una grossa minaccia per le navi britanniche, però Lind ormai era morto e non poté assaporare il successo.

Inoltre si trattò di un successo puramente locale. L'uso degli agrumi non si diffuse, e per tutto il diciannovesimo secolo lo scorbuto imperversò sulla terraferma, specie tra i bambini che avevano superato il periodo dell'allattamento. Anche se durante quel secolo la medicina fece enormi progressi, tali progressi servirono di fatto a *ritardare* la giusta terapia per guarire lo scorbuto.

Con l'aumentare delle conoscenze nel settore della biochimica, per esempio, risultò chiaro che c'erano tre principali categorie di sostanze organiche: i carboidrati, i grassi e le proteine. Si capì finalmente che non bastava che il cibo saziasse lo stomaco, ma che i vari alimenti possedevano qualità nutritive diverse. Si pensava però che la differenza fosse data soltanto dalla quantità e dal tipo di proteine presenti nei cibi, e gli scienziati erano restii ad azzardare ulteriori ipotesi.

Durante il diciannovesimo secolo, inoltre, si scoprì, cosa molto importante, che alcuni microorganismi provocavano malattie. Tanto importante fu questa "teoria dei germi" e a tal punto contribuì a tenere sotto controllo varie malattie infettive, che i medici cominciarono a credere che *tutte* le malattie fossero causate da germi, e tendevano a escludere l'idea che la dieta avesse qualcosa a che fare con alcune affezioni.

Lo scorbuto non era l'unica malattia che colpiva i marinai e che poteva essere guarita ricorrendo a una dieta adeguata. Nella seconda metà del diciannovesimo secolo il Giappone si stava occidentalizzando e stava assurgendo al rango di grande potenza. Per motivi di potere cominciò quindi a darsi attivamente da fare per mettere insieme una marina moderna.

I marinai giapponesi mangiavano riso bianco, pesce e vegetali e non avevano problemi di scorbuto. Diventarono però vittime di una malattia chiamata "beri-beri", un termine che deriva dal singalese e che significa "molto debole". La malattia provocava danni ai nervi, sicché chi era afflitto dal beri-beri si sentiva le membra molto fiacche e provava una grande stanchezza. Nei casi più gravi, il paziente moriva.

Kanehiro Takaki, che era a capo della marina giapponese negli anni tra il 1880 e il 1890, era molto preoccupato per la faccenda. Un terzo di tutti i marinai giapponesi prima o poi finiva per ammalarsi di beri-beri, ma Takaki si accorse che gli ufficiali di

bordo in genere non prendevano la malattia, e che seguivano una dieta meno monotona di quella dei marinai semplici. Takaki notò inoltre che i membri degli equipaggi inglesi non soffrivano di beri-beri, e anche loro seguivano una dieta diversa da quella dei marinai giapponesi.

Nel 1884 Takaki decise di rendere l'alimentazione più variata e di introdurre anche nella dieta alcuni dei cibi che prendevano i britannici. Sostituì con orzo parte del riso brillato e aggiunse alle razioni carne e latte evaporato. E, guarda caso, il beri-beri cessò completamente di affliggere la marina giapponese. Takaki pensò di avere raggiunto tali risultati perché aveva arricchito la dieta con una maggiore quantità di proteine.

Come già nel caso della cura ideata da Lind un secolo prima, neanche questa volta il successo ottenuto ebbe conseguenze positive sul piano generale. Il beri-beri, come lo scorbuto, fu eliminato a bordo delle navi, ma, come era appunto accaduto con lo scorbuto, continuò a imperversare sulla terraferma. Certo è abbastanza facile cambiare il regime alimentare di pochi marinai, che in caso di disobbedienza possono essere puniti con dure sanzioni disciplinari, mentre è assai più difficile cambiare il regime alimentare di milioni di persone, specie se il nuovo regime è più costoso e se i milioni di persone fanno già fatica a trovare in genere qualcosa da mangiare. (Perfino adesso che sappiamo benissimo quali siano la causa e la cura del beri-beri, questa malattia uccide ogni anno 100 mila persone.)

Nel diciannovesimo secolo il beri-beri era endemico nelle Indie Orientali olandesi (l'attuale Indonesia), e gli olandesi ovviamente consideravano il fenomeno preoccupante.

Christian Eijkman (1858-1930), un medico olandese, prestò servizio in Indonesia e prese la malaria, per cui fu costretto a tornare a casa. Alla fine guarì e, nel 1884, accettò di tornare in Indonesia per dirigere un'équipe medica che si proponeva di studiare il beri-beri e di stabilire quale fosse la terapia migliore.

Eijkman era convinto che questa malattia fosse provocata da un germe e così portò con sé alcuni polli. I polli, calcolava, si sarebbero riprodotti in gran numero e lui li avrebbe potuti usare come cavie. Li avrebbe fatti ammalare tramite contagio, avrebbe isolato il germe, messo eventualmente a punto un'antitossina, e studiato una cura adeguata da sperimentare su pazienti umani.

Non funzionò. Eijkman non riuscì a contagiare i polli, e alla fine la maggior parte dell'équipe medica tornò in Olanda. Eijkman però rimase in Indonesia a dirigere un laboratorio batteriologico, e continuò a lavorare intorno al beri-beri.

Poi d'un tratto, nel 1896, i polli mostrarono segni di paralisi. La malattia colpiva chiaramente i nervi (per questo fu chiamata "polinevrite dei polli"), e ad Eijkman, eccitato per l'avvenimento, parve molto somigliante alla malattia umana del beri-beri, che dopotutto era anch'essa una polinevrite.

I polli, pensò il medico olandese, si erano finalmente ammalati. Il suo compito adesso era di individuare il germe della polinevrite nelle cavie paralizzate, dimostrare che era contagioso trasmettendolo ad animali ancora sani, mettere a punto un'antitossina, e così via.

Ma anche questa volta i suoi piani non funzionarono. Non riuscì a isolare il germe, non riuscì a trasmettere la malattia e, peggio ancora, i polli paralizzati guarirono.

Sconcertato e deluso, Eijkman decise di verificare cosa fosse successo e scoprì che poco prima che le cavie guarissero, in ospedale era arrivato un nuovo cuoco.

Il cuoco precedente aveva cominciato a un certo punto a dar da mangiare ai polli gli avanzi dei piatti destinati ai pazienti dell'ospedale, piatti che consistevano soprattutto di riso bianco brillato, un riso, cioè, a cui erano stati tolti i tegumenti esterni di colore brunastro. (Si procede alla brillatura perché la pula contiene olii che col tempo possono diventare rancidi. Il riso brillato, che non contiene questi olii, rimane commestibile per lunghi periodi di tempo.) I polli si erano ammalati proprio nel periodo in cui venivano nutriti con gli avanzi.

Poi era arrivato il nuovo cuoco che, scandalizzato all'idea di dare a dei volgari polli cibo adatto agli esseri umani, aveva cominciato a nutrire gli animali con riso non brillato, completo di pula. E le cavie ben presto si erano riprese dalla malattia.

Eijkman capì allora che il beri-beri era causato da una dieta sbagliata, che si curava con una dieta diversa e che i germi non c'entravano niente. Nel riso doveva esserci qualcosa che provocava la malattia, e nella pula qualcosa che la curava. Di quel qualcosa non dovevano esserci quantità considerevoli, dal momento che i carboidrati, i grassi e le proteine erano di per se stessi innocui. Doveva trattarsi dunque di qualche piccolo costituente "in tracce".

Ovviamente si conoscevano benissimo i costituenti in tracce capaci di far ammalare o addirittura morire la gente. Tali sostanze erano chiamate veleni, ed Eijkman pensò che nel riso bianco ci fosse un qualche tipo di veleno. Nella pula, si disse, c'era qualcosa che neutralizzava il veleno.

In realtà era vero piuttosto il contrario, ma l'idea di sostanze in tracce che si trovavano nel cibo e provocavano o curavano malattie si rivelò straordinariamente feconda. Mentre le ricerche di Lind e di Takaki, pur importanti, non produssero ulteriori risultati, quelle di Eijkman aprirono la strada a numerose altre analisi e rivoluzionarono completamente la scienza della nutrizione.

Fu per questo motivo che nel 1929 Eijkman condivise con un altro scienziato il Premio Nobel per la fisiologia e la medicina: a quell'epoca, infatti, praticamente tutti avevano riconosciuto che il suo lavoro rappresentava la base per ulteriori studi. Purtroppo nel 1929 il medico olandese era gravemente ammalato e non poté andare a Stoccolma a ritirare il premio di persona. L'anno dopo morì, ma, diversamente da Lind, era vissuto abbastanza da assistere al proprio successo.

Eijkman era tornato nei Paesi Europei poco dopo avere fatto la sua grande scoperta, ma un suo assistente, Gerrit Grijns (1865-1944), era rimasto in Indonesia. Fu lui ad annunciare per primo quale fosse l'interpretazione corretta degli esperimenti condotti. Nel 1901 (il primo anno del ventesimo secolo) fece alcune osservazioni dalle quali si deduceva che la sostanza in tracce contenuta nella pula del riso non serviva a neutralizzare una tossina, *ma era di per sé indispensabile alla vita umana*.

In altre parole, mangiando solo riso bianco ci si ammalava non perché nel riso si trovasse un piccolo quantitativo di veleno, ma perché in esso *manca*va un piccolo quantitativo di qualcosa di vitale. Il beri-beri non era soltanto una malattia provocata da alimenti sbagliati: era una malattia da carenza dietetica.

Era un concetto rivoluzionario. Da migliaia di anni la gente sapeva benissimo che si poteva morire se nei cibi o nelle bevande era presente un po' di veleno. Adesso per la

prima volta doveva abituarsi all'idea che la morte potesse essere provocata dall'assenza di una piccola quantità di qualcosa. Quel "qualcosa" era l'opposto di un veleno, e poiché la sua assenza poteva causare la morte, era per così dire un veleno in negativo.

Una volta che tale concetto fu assimilato, si cominciò a pensare che il beri-beri forse non era l'unica malattia da carenza dietetica. Lo scorbuto sembrava un altro esempio evidente di malattia di questo tipo. Nel 1906 il biochimico inglese Frederic Gowland Hopkins (1861-1947) formulò l'ipotesi che anche il rachitismo rientrasse tra le affezioni provocate da carenza dietetica. Fu particolarmente abile nel divulgare le sue teorie e nel convincere i medici ad accettarle, sicché nel 1929 condivise con Eijkman il Premio Nobel.

Nel 1912 il biochimico polacco Casimir Funk (1884-1967) ipotizzò che la pellagra fosse un'ulteriore malattia da carenza dietetica.

I dietologi naturalmente si preoccupavano all'idea che esistessero nel cibo sostanze in tracce così essenziali da significare la vita o la morte per gli organismi viventi, esseri umani compresi. Sembrava un'idea fatta apposta per ridare vita a vecchi misticismi.

Per riportare tutta la questione a comuni, normali parametri biochimici bisognava isolare le sostanze, stabilire che cosa fossero esattamente, e scoprire in che modo agissero.

In altre parole, non era sufficiente limitare le analisi al cibo e dire: «Il succo di limone previene lo scorbuto e il riso integrale previene il beri-beri». Conclusioni del genere potevano bastare a chi rischiava di prendere tali malattie, ma non potevano certo bastare agli scienziati.

Ad estendere per primo le osservazioni oltre il mero campo dell'alimentazione fu il biochimico americano Elmer Verner McCollum (1879-1967). Nel 1907 McCollum studiava l'alimentazione del bestiame, cambiando il tipo di dieta ed analizzando gli escrementi. Ma la quantità di cibo e di escrementi era talmente grande, e le cose procedevano con tale lentezza, che McCollum finì per stancarsi e scoraggiarsi. Decise allora che gli conveniva lavorare con animali più piccoli ma più numerosi, in modo che le analisi potessero essere effettuate più in fretta. Le conoscenze così ottenute avrebbero potuto essere applicate agli animali più grandi, come aveva fatto Eijkman con i polli.

McCollum scelse cavie ancora più piccole dei polli. Per i suoi studi sull'alimentazione mise insieme la prima colonia di ratti bianchi da laboratorio, un'idea che i professionisti del settore ben presto copiarono.

McCollum cercò inoltre di scomporre i cibi nei diversi componenti (zuccheri, amidi, grassi, proteine) e di somministrare questi ultimi, separati e combinati l'uno con l'altro, ai ratti; poi controllò quando il processo di crescita degli animali procedeva normalmente, quando rallentava e quando comparivano sintomi anormali di qualsiasi tipo.

Nel 1913 per esempio, dopo avere sottoposto le cavie a certe diete rigide che impedivano agli animali di crescere normalmente, dimostrò che la crescita normale riprendeva se venivano aggiunti al regime alimentare un po' di grasso di latte o di grasso di tuorlo d'uovo. Ma non era il grasso di per sé a compiere il miracolo, perché

quando venivano aggiunti alla dieta del lardo o dell'olio di oliva, la crescita normale *non* riprendeva.

A compiere il miracolo doveva essere qualche sostanza in tracce presente in piccole quantità in alcuni grassi ma non in altri. L'anno seguente McCollum annunciò che, usando diversi procedimenti chimici, era in grado di estrarre dal burro la sostanza in tracce e di aggiungerla all'olio di oliva. E quando in seguito somministrò quell'olio di oliva ai ratti, vide che esso favoriva la crescita.

L'esperimento confermò decisamente che l'idea di sostanze in tracce necessarie alla vita era plausibile, e la privò di qualsiasi aura mistica. Qualunque fosse, la sostanza in tracce doveva essere di natura chimica e doveva potersi trattare con metodi chimici.

Si dà il caso che i tessuti viventi siano costituiti in maggior parte di acqua. In questo ambiente liquido vi sono strutture solide composte di materiale inorganico (per esempio le ossa), o di grandi molecole insolubili (per esempio le cartilagini). Vi sono inoltre piccole molecole organiche, molte delle quali sono solubili in acqua e si trovano quindi allo stato fluido.

Certe molecole dei tessuti, però, *non* sono solubili in acqua. Le principali molecole di questo tipo sono i vari grassi e olii, che si aggregano insieme e restano separati dall'acqua. Altre molecole non solubili in acqua si sciolgono invece nei grassi.

Possiamo così definire le piccole molecole dei tessuti viventi o "solubili in acqua" o "solubili nei grassi". Le sostanze solubili in acqua si possono isolare utilizzando una maggiore quantità di acqua. Quelle solubili nei grassi si possono isolare utilizzando solventi come l'etere o il cloroformio.

La sostanza in tracce indispensabile alla crescita che dalle osservazioni di McCollum era risultata presente in alcuni grassi e non in altri è chiaramente solubile nei grassi. McCollum riuscì a dimostrare che l'elemento, quale che fosse, contenuto nella pula del riso e in grado di prevenire il beri-beri si poteva invece isolare con l'acqua, ed era quindi solubile in acqua. Quella era già di per se stessa una prova definitiva del fatto che di sostanze in tracce atte a favorire la crescita normale e a prevenire la malattia non ce n'era una sola, ma almeno due.

Poiché non si sapeva assolutamente nulla delle strutture di questa sostanza, McCollum fu costretto a usare un codice elementare per distinguerle. Nel 1915 le definì "solubili nei grassi A" e "solubili in acqua B" (dando, per istintivo egocentrismo, la precedenza alle proprie scoperte). Gli scienziati cominciarono così ad usare le lettere dell'alfabeto per identificare i costituenti in tracce, e il vizzo continuò per un quarto di secolo, finché si apprese abbastanza sulla struttura chimica di tali costituenti da utilizzare altri nomi. Anche adesso, però, alle lettere fanno spesso ricorso non solo i "profani", ma perfino i biochimici e i dietologi.

Nel frattempo però c'era stato qualcun altro che aveva cercato di trovare una definizione più esatta. Funk, che ho menzionato in precedenza, studiava a Londra le sostanze in tracce. Effettuando analisi chimiche arrivò nel 1912 alla conclusione che parte integrante della struttura chimica della non ancora identificata sostanza in tracce che preveniva il beri-beri era un raggruppamento atomico composto da un atomo di azoto e due di idrogeno (NH_2). Dal punto di vista chimico tale raggruppamento è connesso con l'ammoniaca (NH_3) ed è quindi chiamato dai chimici "ammina". Sotto questo profilo le osservazioni di Funk risultarono esatte.

Riflettendo, Funk si disse poi che se esistevano più sostanze in tracce, allora ciascuna era probabilmente un tipo o un altro di ammina (ma qui si sbagliò). Per tale motivo le chiamò, come gruppo, “vitamine”, ossia, (dal latino), “ammine della vita”.

Non occorsero molti anni perché, accumulando prove, si scoprisse che i gruppi di ammine non facevano parte della struttura chimica di alcune sostanze in tracce indispensabili alla vita e che “vitamina” era quindi un termine sbagliato. Accadono sovente cose del genere in campo scientifico, e spesso, se il termine sbagliato ricorre ormai ripetutamente nelle pubblicazioni del settore e se è entrato definitivamente nell’uso comune, non lo si può più abbandonare e si continua a utilizzarlo. (“Ossigeno”, per esempio, è un termine errato ed è da quasi due secoli che sappiamo che è errato, ma cosa ci possiamo fare?)

Nel 1920, però, il biochimico inglese Jack Cecil Drummond (1891-1952) invitò gli altri scienziati a eliminare almeno la “e” finale che la parola vitamina aveva nella lingua inglese, in modo che non si notasse troppo il riferimento all’ammina (amine). Il suggerimento fu subito accettato, e da allora le sostanze in tracce sono chiamate in inglese “vitamins”.

La sostanza “solubile in grassi A” e quella “solubile in acqua B” vennero chiamate dunque “vitamina A” e “vitamina B”, e della loro storia continuerò a parlare nel prossimo articolo.

Appendice: gli «altri» saggi

Si presentano di seguito alcuni saggi di Isaac Asimov presentati in appendice alla sua antologia *Visioni di Robot* (*Robot Visions*, NET 1990). Sono saggi scritti in anni diversi ed apparsi su varie riviste, fuori dal “circuito” utilizzato da *Urania*.

I robot che ho conosciuto

Titolo originale: *Robots I Have Known*
© 1954 Edmund Callis Berkeley
Apparso su *Computers and Automation*, 1954

Gli uomini meccanici o, per usare il termine di Čapek adesso universalmente accettato, i robot, sono un soggetto al quale i moderni scrittori di fantascienza hanno fatto ricorso in molteplici occasioni.

Non c'è nessun'altra invenzione non inventata, esclusa forse la nave spaziale, che non sia raffigurata con tanta chiarezza nella mente di così tanta gente: una forma sinistra, grande, metallica, vagamente umana, che si muove come una macchina e parla senza mostrare emozioni.

La parola-chiave di questa descrizione è “sinistra”, e qui si cela una tragedia, poiché nessun altro tema fantascientifico ha logorato il benvenuto accordatogli con la stessa rapidità dei robot.

Sembrava che l'autore medio potesse disporre soltanto di un tipo di trama da utilizzare con i robot: l'uomo meccanico che si rivelava una minaccia, la creatura che si rivoltava contro il suo creatore, il robot che diventava una minaccia per l'umanità.

E quasi tutte le storie di questo tipo venivano sovraccaricate per eccesso, in modo esplicito o implicito, dalla logora morale secondo la quale “esistono cose che l'umanità non deve conoscere”. Dal 1940 questa sconcertante situazione è in parte migliorata.

Le storie sui robot abbondano; si è sviluppato un punto di vista più innovativo, più meccanicistico e meno moralistico.

Alcuni individui (in particolar modo Groff Conklin nell'introduzione alla sua antologia di fantascienza intitolata *Science Fiction Thinking Machines*, pubblicata nel 1954) hanno ritenuto che fosse il caso di attribuire almeno in parte il merito di questo sviluppo a una serie di storie di robot che scrissi agli inizi del 1940.

Dal momento che sulla Terra nessuno più di me è dotato di falsa modestia, accetto questo merito parziale con equanimità e disinvoltura, modificandolo soltanto per includervi il signor John W. Campbell jr., curatore della rivista *Astounding Science Fiction*, con il quale ebbi molte fruttuose discussioni sulle storie robotiche.

Era mia opinione che i robot dovessero comparire nei racconti non come imitazioni blasfeme della vita, ma semplicemente come macchine progredite. Le macchine non “si rivoltano contro i loro creatori” se vengono concepite in maniera corretta.

Quando una macchina come una sega a motore sembra farlo, di tanto in tanto, troncando un dito, una mano, un braccio, questa riprovevole tendenza alla perversità si combatte installando dei congegni di sicurezza. Mi pareva ovvio che congegni di sicurezza analoghi andassero sviluppati nel caso dei robot. E il luogo più logico per congegni di sicurezza del genere mi sembrava quello di circuiti appositamente inseriti

nel “cervello” robotico.

Permettetemi una digressione per spiegare che nella fantascienza non ci accapigliamo riguardo alla vera e propria meccanica del “cervello” robotico. Si presuppone un congegno meccanico che, in un volume più o meno uguale a quello del cervello umano, contenga tutti i circuiti necessari per permettere a un robot uno spettro di percezione-e-reazione ragionevolmente equivalente a quello di un essere umano.

Come ciò si possa realizzare senza usare unità meccaniche grandi come una molecola di proteina o, come minimo, grandi come una cellula cerebrale, non viene spiegato. Alcuni autori parlano di transistor e circuiti stampati. La maggior parte non dice niente del tutto.

Il mio trucchetto preferito consiste nel fare riferimento, in modo un po’ mistico, a un “cervello positronico”, lasciando che sia l’ingegnosità del lettore a decidere cosa c’entrino i positroni, e sperando che la sua benevolenza lo induca a continuare la lettura dopo essere stato incapace di raggiungere una decisione.

In ogni caso, mentre scrivevo la mia serie di storie sui robot, i congegni di sicurezza si cristallizzarono a poco a poco nella mia mente nella forma delle “Tre Leggi della Robotica”. Queste tre leggi vennero per la prima volta formulate in maniera esplicita in *Circolo vizioso*.

Infine, una volta perfezionate, le Tre Leggi raggiunsero un’enunciazione definitiva.

PRIMA LEGGE: Un robot non può recar danno agli esseri umani, né può permettere che, a causa del suo mancato intervento, gli esseri umani ricevano danno.

SECONDA LEGGE: Un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani, tranne nel caso che tali ordini siano in contrasto con la Prima Legge.

TERZA LEGGE: Un robot deve salvaguardare la propria esistenza, purché ciò non sia in contrasto con la Prima o la Seconda Legge.

Queste leggi sono saldamente incorporate nel cervello robotico, o per lo meno lo sono i circuiti equivalenti. Naturalmente non descrivo i circuiti equivalenti.

In effetti, io non discuto mai la struttura tecnologica dei robot, per la buonissima ragione che la mia ignoranza degli aspetti pratici della robotica è colossale.

La Prima Legge, come potete vedere subito, elimina immediatamente quella trama vecchia e trita alla quale non farò più riferimento per non offendervi.

Malgrado, di primo acchito, possa sembrare che l’istituzione di queste regole restrittive ostacoli l’immaginazione creativa, è risultato al contrario che le Leggi della Robotica sono servite da ricchissima fonte di materiale per gli intrecci. Tutto hanno dimostrato, fuorché di costituire un blocco mentale.

Un esempio potrebbe essere appunto la storia *Circolo vizioso* alla quale ho già fatto riferimento. Il robot di quella storia, un modello sperimentale e costoso, è concepito per operare sul lato esposto al sole del pianeta Mercurio. La Terza Legge è stata incorporata in lui con maggior forza del solito per ovvie ragioni economiche.

Quando comincia la storia, è stato inviato all’esterno per procurarsi del selenio fuso che serve per alcune indispensabili, essenziali riparazioni. (Vi prego di credere che il selenio fuso è reperibile in pozzanghere sparpagliate qua e là sulla superficie

surriscaldata di Mercurio rivolta al Sole.) Sfortunatamente gli ordini sono stati impartiti ai robot con una certa trascuratezza, cosicché l'influenza della Seconda Legge è più debole del solito. Fatto ancora più sfortunato, la pozza di selenio alla quale il robot è stato mandato si trova vicino a un'area vulcanica attiva, e di conseguenza vi sono forti concentrazioni di ossido di carbonio in tutta la zona.

Io presuppongo, qui, che l'ossido di carbonio reagisca piuttosto rapidamente con il ferro, formando dei ferrocarbonili volatili, in grado di danneggiare gravemente le articolazioni più delicate del robot. Più il robot si addentra nell'area, più la sua esistenza è in pericolo e più crescono d'intensità gli effetti della Terza Legge per indurlo ad allontanarsi. Ma la Seconda Legge, solitamente superiore, lo spinge a proseguire.

A un certo punto, il potenziale insolitamente debole della Seconda Legge e, insieme, quello insolitamente forte della Terza Legge raggiungono un punto d'equilibrio, e il robot non riesce più né ad avanzare né a retrocedere. Può soltanto girare intorno alla pozza di selenio percorrendo una linea equipotenziale, descrivendo approssimativamente un cerchio intorno alla zona.

Nel frattempo, i nostri eroi hanno assoluto bisogno del selenio. Si mettono all'inseguimento del robot indossando tute speciali, identificano la natura del problema e si chiedono come fare a porvi rimedio. Dopo parecchi tentativi falliti, incappano nella risposta giusta. Uno degli uomini si espone deliberatamente al sole di Mercurio, in maniera tale che, se il robot non lo salverà, morirà di sicuro. Ciò fa entrare in funzione la Prima Legge la quale, essendo superiore sia alla Seconda sia alla Terza, strappa il robot dal suo inutile girare in cerchio e porta all'inevitabile lieto fine.

A proposito, credo di aver usato per la prima volta il termine "robotica" (implicitamente definita come la scienza della progettazione fabbricazione, manutenzione, eccetera, dei robot) proprio in *Circolo vizioso*.

Molti anni dopo, mi dissero che quel termine lo avevo inventato io, e che non era mai stato impiegato prima di allora. Non so se sia vero. Ma, se è vero, ne sono felice, dato che lo considero un termine logico e utile, e con la presente ne faccio dono con grande piacere a tutti coloro che lavorano sul serio in questo campo.

Nessuna delle mie altre storie di robot ha un collegamento così netto con le Tre Leggi, ma tutte, in qualche modo, ne sono originate.

Per esempio, c'è la storia del robot capace di leggere nel pensiero, che si trova costretto a mentire perché è nell'impossibilità di dire a un essere umano qualcosa di diverso da ciò che la persona in questione desidera sentire. La verità, capite, finirebbe quasi certamente per "danneggiare" l'essere umano procurandogli disappunto, delusione, imbarazzo, dispiacere e altre analoghe emozioni, tutte fin troppo evidenti al robot.

E poi c'è l'altra storia dell'uomo sospettato di essere un robot, ovvero di possedere un corpo quasi protoplasmatico ma il cervello positronico di un robot. Un modo di dimostrare la propria umanità sarebbe quello di violare la Prima Legge in pubblico; così, il sospettato accetta di colpire deliberatamente un uomo. Ma la storia finisce ugualmente nel dubbio, perché esiste il sospetto che anche l'altro "uomo" possa essere un robot, e non c'è niente nelle Tre Leggi che impedisca a un robot di colpire un altro robot.

E poi abbiamo il *non plus ultra* dei robot: modelli concepiti per prevedere il clima, i raccolti, le cifre della produzione industriale, gli sviluppi della politica, e così via. Lo scopo è quello di evitare che l'economia mondiale sia soggetta ai capricci di fattori che attualmente sono al di fuori del controllo dell'uomo.

Ma questi *non plus ultra* sono ancora soggetti alla Prima Legge. Non possono permettere che, a causa della loro inattività, degli esseri umani vengano danneggiati, così essi, in maniera deliberata, danno risposte che non sono necessariamente veritiere e provocano sconvolgimenti economici localizzati, concepiti in maniera tale da manovrare l'umanità, conducendola lungo la strada che porterà alla pace e alla prosperità. Così alla fine i robot, malgrado tutto, conquistano il dominio, ma soltanto per il bene dell'uomo.

Il rapporto d'interdipendenza fra uomini e robot non va trascurato. L'umanità è consapevole dell'esistenza delle Tre Leggi, a livello intellettuale, eppure ha una paura e una sfiducia inestirpabili, a livello emotivo, nei confronti dei robot. Potremmo definirlo "Complesso di Frankenstein".

Esiste inoltre, per esempio, l'elemento assai più pratico dell'opposizione dei sindacati alla sostituzione del lavoro umano con quello robotico. Anche questo può generare un intreccio.

Il mio primo racconto di robot riguardava un robot bambinaia e una bambina. Come c'è da aspettarsi, la bambina adora il suo robot, mentre la madre lo teme come ci si può parimenti aspettare. Il nocciolo della storia sta nel tentativo della madre di sbarazzarsene e nella reazione della bambina a questo tentativo.

Il mio primo romanzo sui robot, *Abissi d'acciaio* (1954), scruta più in là nel futuro, e si svolge in un'epoca in cui altri pianeti, popolati da terrestri emigrati, hanno adottato un'economia completamente robotizzata, ma in cui la Terra, per ragioni economiche ed emotive si oppone ancora all'introduzione di creature metalliche.

Viene commesso un assassinio che ha come movente l'odio nei confronti dei robot. Il caso viene risolto da una coppia d'investigatori, un uomo e un robot, in gran parte con un ragionamento deduttivo (mutuato dai gialli) che ruota intorno alle Tre Leggi e alle loro implicazioni.

Sono riuscito a convincere me stesso che le Tre Leggi sono tanto necessarie quanto sufficienti per la sicurezza umana nei confronti dei robot. È mia sincera convinzione che un giorno, quando saranno fabbricati per davvero robot progrediti simili agli esseri umani, qualcosa di molto simile alle Tre leggi verrà inserito in essi, sotto questo aspetto vorrei davvero essere un profeta.

Mi addolora soltanto che probabilmente non ci si arriverà nel corso della mia vita.

Questo saggio è stato scritto nel 1956.

Negli anni trascorsi da allora il termine "robotica" ha fatto davvero il suo ingresso nella lingua inglese e viene usato universalmente. E io sono vissuto fino a vedere i roboticisti che prendevano in considerazione le Tre Leggi con estrema serietà.

I nuovi docenti

Titolo originale: *The New Teachers*
© 1976 American Airlines

La percentuale degli anziani presenti sulla faccia della Terra è in aumento e quella dei giovani diminuisce, e questa tendenza continuerà se l'indice di natalità dovesse scendere e la medicina continuare ad allungare la durata media della vita.

Per mantenere nelle persone più anziane l'immaginazione e la creatività e impedire che diventino un peso crescente per il numero sempre più ridotto della gioventù creativa, ho raccomandato molto spesso che il nostro sistema educativo venisse riformato e che lo studio venisse considerato un'attività da svolgere per tutta la vita.

Ma come si può realizzare? Dove verrebbero reperiti gli insegnanti? Comunque, chi ha mai detto che tutti gli insegnanti debbano appartenere al genere umano o anche soltanto essere animati? Supponete che durante il prossimo secolo i satelliti diventino più numerosi e più sofisticati di quelli che abbiamo messo finora in orbita nello spazio. Supponete che al posto delle onde radio il principale sistema di comunicazione diventi l'assai più capace raggio laser a luce visibile.

Se le circostanze fossero queste, ci sarebbe spazio per molte migliaia di canali separati per la voce e per le immagini, ed è facile immaginare che a ogni essere umano sulla Terra potrebbe essere assegnata una particolare lunghezza d'onda televisiva.

Ciascuna persona (bambino, adulto, o anziano) potrebbe avere la propria presa personale alla quale inserire, a intervalli assegnati, la sua personale macchina istruttrice.

Sarebbe una macchina assai più versatile e interattiva di quelle che potremmo mettere insieme adesso, poiché nel frattempo anche la tecnologia dei computer avrà fatto grandi progressi.

Possiamo ragionevolmente sperare che la macchina istruttrice sia abbastanza complessa e flessibile da essere in grado di modificare il proprio programma (vale a dire, di "imparare") sulla base degli input dello studente.

In altre parole, lo studente farà domande, risponderà a domande, farà asserzioni, offrirà opinioni, e da tutto questo la macchina sarà in grado di valutare lo studente in modo tale da poter regolare la velocità e l'intensità del proprio corso d'insegnamento e, cosa ancora più importante, di andare incontro agli interessi mostrati dallo studente.

Tuttavia non si può immaginare una macchina istruttrice personale di grandi dimensioni. Dovrebbe assomigliare a un apparecchio televisivo, per forma e dimensioni. Può un oggetto così piccolo contenere abbastanza informazioni da riuscire a insegnare agli studenti tutto quello che vogliono sapere, in qualsivoglia direzione possa condurli la loro curiosità? No, non può, se la macchina istruttrice è autonoma, cioè isolata e indipendente da ogni altra.

Ma c'è bisogno che lo sia? In qualsiasi civiltà dove l'informatica sia così progredita

da rendere possibile le macchine istruttrici, ci saranno di sicuro biblioteche centrali completamente computerizzate.

Queste biblioteche potrebbero essere tutte interconnesse a formare una singola biblioteca planetaria, tutte le macchine istruttrici verrebbero collegate a questa biblioteca planetaria e ciascuna potrebbe avere a disposizione qualsiasi libro, periodico, documento, registrazione, o video che vi si trovasse archiviato.

Se la macchina ne potesse disporre, lo stesso avverrebbe per lo studente, visibile direttamente sullo schermo, oppure riprodotto su carta per poterlo studiare con maggiore comodità.

Naturalmente gli insegnanti umani non verrebbero completamente eliminati. In alcune materie l'interazione umana è essenziale: la ginnastica, la recitazione, le lezioni pubbliche, e così via. Inoltre manterrebbero il proprio valore, e interesse, quei gruppi di studenti operanti in un campo specifico, abituati a riunirsi per discutere e fare ipotesi fra loro e con esperti umani, accendendo gli uni negli altri nuove intuizioni.

Dopo questo interscambio di idee umane, gli studenti potrebbero tornare, con un certo sollievo, alle loro macchine interminabilmente informate, interminabilmente flessibili e, soprattutto, interminabilmente pazienti.

Ma chi istruirà le macchine istruttrici? Gli studenti, senza dubbio, sarebbero anche insegnanti. Uno studente che si applica a settori o attività che lo interessano, finisce inevitabilmente per pensare, fare congetture, osservare, sperimentare e, di tanto in tanto, escogitare qualcosa di proprio che potrebbe non essere noto. Ritrasmetterebbe questa conoscenza alle macchine, che a loro volta le registrerebbero (con il riconoscimento dovuto al vero autore, c'è da presumere) alla biblioteca planetaria, rendendola così disponibile ad altre macchine istruttrici.

L'informazione verrebbe reimmessa nel serbatoio centrale per fungere da nuovo e più elevato punto di partenza per gli altri. Così le macchine istruttrici renderebbero possibile per la specie umana la corsa in avanti verso vette e in direzioni che adesso è impossibile prevedere.

Ma io sto descrivendo soltanto la meccanica dell'apprendimento. E il contenuto? Quali materie studierà la gente nell'età delle macchine istruttrici? Farò qualche ipotesi nel prossimo saggio.

Quel che desideriamo

Titolo originale: *Whatever You Wish*
© 1977 American Airlines

La difficoltà nel decidere quali potrebbero essere le professioni del futuro sta nel fatto che tutto dipende dal tipo di futuro che sceglieremo. Se permetteremo alla nostra civiltà di distruggersi, la sola professione del futuro sarà quella di rubacchiare per sopravvivere, e saranno in pochi a farcela.

Supponiamo, però, di mantenere la nostra civiltà viva e fiorente e che, perciò, la tecnologia continui a progredire. Pare logico che le professioni in un futuro del genere comprendano la programmazione dei computer, le estrazioni minerarie sulla Luna, la tecnologia della fusione nucleare, le costruzioni spaziali, le comunicazioni con i laser, la neurofisiologia, e così via.

Tuttavia non posso fare a meno di pensare che i progressi della computerizzazione e dell'automazione finiranno per spazzare via i sottolavori dell'umanità: la monotonia del tirare e dello spingere del punzonare, del tagliare e dell'archiviare e di tutti gli altri movimenti semplici e ripetitivi, sia fisici sia mentali, che possono essere compiuti con facilità, e assai meglio, da macchine non più complicate di quelle che costruiamo già oggi.

In breve, il mondo potrebbe essere organizzato così bene da rendere necessario soltanto un manipolo molto ristretto di "capisquadra" umani da impiegare nelle varie professioni e nei lavori di supervisione richiesti per nutrire, alloggiare e curare la popolazione del mondo.

Cosa ne sarebbe della maggioranza della specie umana in questo futuro automatizzato? Cosa ne sarebbe di coloro che non avessero la capacità o il desiderio di lavorare alle professioni del futuro, o per i quali non ci fosse posto in queste professioni? Forse la maggior parte della gente finirà per non avere nulla a che fare con quello che oggi giorno definiamo lavoro.

E un'idea che fa rabbrivire.

Cosa farà la gente senza un lavoro? Se ne staranno seduti ad annoiarsi? O forse, cosa ancora peggiore, diventeranno mentalmente instabili e perfino malvagi? Stando al detto, il diavolo riesce a far commettere malanni alle mani oziose.

Ma il nostro giudizio è basato sulla situazione che è esistita finora, una situazione nella quale la gente viene abbandonata a se stessa e lasciata ad arrangiarsi. Ci sono stati periodi nella storia in cui una aristocrazia è vissuta nell'ozio, sulle spalle di macchine in carne e ossa chiamate schiavi, o servi, o contadini.

Quando a questa condizione si associava una cultura di alto livello, gli aristocratici usavano il loro tempo libero per istruirsi nella letteratura, nelle arti, e nella filosofia. I loro studi non avevano utilità pratica, ma occupavano la mente, consentivano delle conversazioni interessanti e una vita piacevole. Erano le arti liberali, arti per gli

uomini liberi che non dovevano lavorare manualmente. E venivano considerate più elevate e più soddisfacenti delle arti meccaniche, utili soltanto a scopi materiali.

Allora, forse, il futuro vedrà una aristocrazia mondiale sorretta dai soli schiavi che presterebbero i loro servizi in una situazione del genere: le macchine sofisticate. E ci sarà un programma di arti liberali infinitamente più innovativo e più ampio, insegnato da macchine istruttrici, tra le quali ognuno potrà fare la sua scelta.

Qualcuno potrebbe scegliere la tecnologia dei computer o la tecnologia della fusione nucleare, o l'estrazione dei minerali sulla Luna o qualsiasi altra professione che apparisse vitale per il corretto funzionamento del mondo.

Perché no? Queste professioni, mettendo alla prova l'immaginazione e la capacità umane avrebbero un grande fascino, e sarebbero sicuramente moltissimi coloro che si lascerebbero attirare di propria volontà da queste occupazioni, risultando in numero più che sufficiente. Ma per la maggior parte della gente il campo di scelta sarebbe molto meno cosmico. Potrebbe essere la collezione dei francobolli, l'arte della ceramica, la pittura ornamentale, la gastronomia, la recitazione, o chissà cos'altro.

Ogni studio sarà facoltativo, e la sola guida sarà "qualsiasi cosa desideriate". Ciascuna persona, guidata da macchine istruttrici abbastanza sofisticate da offrire un'ampia campionatura delle attività umane, potrà allora scegliere ciò che si sente in grado di fare nel modo migliore e con maggiore spontaneità.

Ma il singolo individuo, uomo o donna, saprà decidere che cos'è in grado di fare nel miglior modo possibile? Perché no? Chi altri lo potrebbe decidere? E cosa può fare al meglio una persona, se non quello che più desidera? Ma la gente non finirà forse per scegliere di non far niente? Di passare la vita dormendo? Se è questo che vogliono, perché non dovrebbero? Però ho la sensazione che non sarà così.

Far niente è un lavoro molto duro e, così pare a me, qualcosa a cui si abbandonano coloro che non hanno mai avuto l'opportunità di sviluppare da se stessi niente di interessante e, di conseguenza, di più facile.

In un mondo istruito e automatizzato nella maniera corretta, le macchine potrebbero allora rivelarsi la vera influenza umanizzante. Così, le macchine svolgeranno il lavoro che rende possibile la vita, e gli esseri umani potranno dedicarsi alle occupazioni che rendono la vita piacevole e degna di essere vissuta.

Farsi gli amici

Titolo originale: *The Friends We Make*
© 1977 American Airlines

Il termine “robot” risale a soli sessant’anni fa.

Venne inventato dal drammaturgo cecoslovacco Karel Čapek, nella sua commedia *R.U.R.*⁷, ed è una parola cecoslovacca che significa *lavoratore*.

Tuttavia l’idea è assai più vecchia. È vecchia quanto il desiderio dell’uomo di avere un servitore intelligente come un essere umano, ma assai più forte, e incapace di stancarsi, annoiarsi o essere insoddisfatto.

Nei miti greci, il dio della forgia, Efesto, o Vulcano, possedeva due lucenti ragazze d’oro, vive come ragazze in carne e ossa, che lo aiutavano. E l’isola di Creta era sorvegliata, stando ai miti, da un gigante di bronzo chiamato Talos, che vagava senza interruzione intorno alle sue coste per proteggerla dagli intrusi.

Ma i robot sono possibili? E se lo sono, sono desiderabili? Non c’è dubbio che strutture meccaniche con ingranaggi, ruote dentate, molle potrebbero far compiere a congegni costruiti in forma umana azioni simili a quelle umane, ma l’essenza di un robot di successo è riuscire a farlo pensare, e pensare abbastanza bene da compiere funzioni utili senza una continua supervisione. Ma per pensare ci vuole un cervello.

Il cervello umano è costituito da neuroni microscopici, ciascuno dei quali ha una sottostruttura straordinariamente complessa. Ci sono dieci miliardi di neuroni nel cervello e novanta miliardi di cellule di sostegno, tutte agganciate assieme in un modello molto intricato. Com’è possibile che qualcosa del genere venga duplicato da un congegno costruito dall’uomo e inserito in un robot? Una cosa del genere è diventata concepibile soltanto 35 anni or sono, con l’invenzione del computer elettronico.

Dal momento della sua nascita, il computer elettronico è diventato sempre più compatto, e ogni anno che passa diventa possibile comprimere un numero d’informazioni sempre maggiore in un volume sempre minore.

Non potrebbe essere possibile, fra qualche decennio, comprimere la versatilità necessaria per un robot in un volume grande quanto quello del cervello umano? Un computer del genere non dovrebbe essere progredito quanto un cervello umano, ma soltanto quanto basta per guidare le azioni di un robot concepito, diciamo, per togliere la polvere, per manovrare una pressa idraulica, per esplorare la superficie lunare.

Naturalmente un robot dovrà comprendere una fonte di energia autonoma; non possiamo aspettarci che sia perennemente inserito in una presa alla parete. Questo però è risolvibile. Una batteria che ha bisogno di essere caricata periodicamente non è diversa da un corpo vivente che ha bisogno di essere nutrito periodicamente.

⁷ Presentata nel n. 114 di *Bluebook*. (N.d.R.)

Ma perché preoccuparsi di dargli una forma umanoide? Non sarebbe assai più pratico progettare una macchina specializzata che esegua un compito specifico, senza pretendere che si accolli tutte le inefficienze legate alla presenza di un tronco, delle braccia e delle gambe? Supponete di progettare un robot capace di infilare un dito dentro una caldaia per saggiarne la temperatura e accendere e spegnere l'unità di riscaldamento per mantenere costante quella temperatura. È evidente che un semplice termostato costituito da una striscia bimetallica sarebbe in grado di svolgere il lavoro altrettanto bene.

Considerate, però, che durante le molte migliaia di anni della civiltà umana, abbiamo edificato una tecnologia adatta alla forma umana. I prodotti per uso umano sono concepiti, come dimensioni e forma, per adattarsi al corpo umano, al modo in cui si piega e a quanto lunghe, ampie e pesanti sono le sue varie parti pieghevoli. Ogni strumento è concepito per adattarsi al raggio d'azione, all'ampiezza e alla posizione delle dita umane.

Basterà pensare al problema degli esseri umani un po' più alti o un po' più bassi della norma, o anche soltanto ai mancini, per capire quanto sia importante incorporare nella nostra tecnologia una misura idonea.

Quindi, se vogliamo un congegno direttivo, un congegno che possa utilizzare gli utensili e le macchine umane, sarà conveniente realizzare quel congegno dandogli una forma umana, con tutte le articolazioni e i movimenti di cui è capace il corpo umano. Né vorremmo che fosse troppo pesante o troppo sproporzionato da risultare anormale. La cosa migliore sotto ogni aspetto sarebbe la media.

Inoltre, noi ci mettiamo in relazione con tutte le cose non umane scoprendo in esse qualcosa di umano, o inventandolo.

Attribuiamo caratteristiche umane ai nostri animali da compagnia, e persino alle nostre automobili. Personifichiamo la natura e tutti i prodotti della natura, e in tempi più remoti ne abbiamo fatto dèi e dee in forma umana.

E certo che se dovessimo prenderci dei partner pensanti, o per lo meno dei servi pensanti, in forma di macchina, ci troveremmo più a nostro agio con loro, e avremmo con loro dei rapporti migliori, se la loro forma fosse umana.

Sarà assai più facile essere amici di robot di forma umana che di macchine specializzate dalle forme irriconoscibili.

E talvolta mi capita di pensare che, viste le difficoltà nelle quali oggi si dibatte l'umanità, saremmo lieti di avere degli amici non umani, anche se fossero soltanto degli amici costruiti da noi stessi.

I nostri intelligenti attrezzi

Titolo originale: *Our Intelligent Tools*

© 1977 American Airlines

I robot non devono essere molto intelligenti per essere abbastanza intelligenti.

Se un robot potesse eseguire ordini elementari e fare i lavori domestici, oppure azionare macchine semplici in maniera monotona e ripetitiva, saremmo perfettamente soddisfatti.

Costruire un robot è molto difficile perché bisogna far entrare un computer molto compatto dentro il suo cranio, se si vuole che abbia una forma vagamente umana. Realizzare un computer sufficientemente complesso e compatto tanto quanto il cervello umano è parimenti difficile.

Ma tralasciando i robot, perché darsi la pena di realizzare un computer così compatto? In verità le unità che costituiscono un computer sono diventate sempre più piccole, dalle valvole ai transistor fino ai minuscoli circuiti integrati e ai chip di silicio. Non si potrebbe, oltre a fabbricare delle unità ancora più piccole, costruire una struttura complessiva più grande? Ma un cervello che dovesse diventare troppo grande finirebbe per perdere la propria efficienza perché gli impulsi nervosi non viaggiano molto rapidamente. Persino i più veloci impulsi nervosi viaggiano soltanto a cento metri al secondo.

Un impulso nervoso può saettare da un'estremità all'altra del cervello in un quattrocentoquarantesimo di secondo, ma un cervello lungo 15 chilometri, se mai potrà esistere, richiederebbe due minuti e mezzo per permettere a un impulso nervoso di percorrere tutta la sua lunghezza. La complessità aggiuntiva resa possibile dalle enormi dimensioni finirebbe per essere annullata dalla lunga attesa necessaria al trasferimento e all'elaborazione delle informazioni al suo interno.

I computer, però, utilizzano impulsi elettrici che viaggiano a circa trecentomila chilometri al secondo. Un computer lungo 680 chilometri trasmetterebbe pur sempre gli impulsi da un'estremità all'altra in un quattrocentoquarantesimo di secondo. Almeno sotto quell'aspetto, un computer delle dimensioni di un asteroide potrebbe ancora elaborare le informazioni con la stessa rapidità del cervello umano.

Se, perciò, possiamo immaginare che i computer vengano prodotti con componenti sempre più piccole, e collegate fra loro in maniera sempre più intricata, e immaginiamo anche che quegli stessi computer diventino sempre più grandi, non potrebbe darsi che i computer alla fine diventino capaci di fare tutte le cose che un cervello umano è in grado di fare? Esiste cioè un limite teorico all'intelligenza di un computer? Non ne ho mai sentito parlare.

A me pare che ogni volta che impariamo a comprimere una maggiore complessità in un dato volume, il computer possa fare di più.

Un giorno, se impareremo a costruire un computer sufficientemente complesso e

sufficientemente grande, perché non dovrebbe arrivare a possedere un'intelligenza umana? Qualcuno si mostrerà incredulo e dirà: «Ma com'è possibile che un computer possa produrre una grande sinfonia, una grande opera d'arte, una grande teoria scientifica?» La replica che di solito sono tentato di fare è: «E tu?» Ma, naturalmente, anche se l'interrogante è una persona comune ci sono persone straordinarie che sono dei geni.

Tuttavia arrivano a esserlo soltanto perché gli atomi e le molecole all'interno del loro cervello sono disposti secondo un ordine particolarmente complesso. Non c'è niente nel loro cervello se non atomi e molecole. Se disponessimo gli atomi e le molecole nello stesso ordine all'interno di un computer, i prodotti della genialità dovrebbero essergli possibili; e se le singole parti non sono delicate e minuscole come quelle del cervello, si può sempre compensare la lacuna ingrandendo il computer.

«Ma i computer possono fare soltanto ciò per cui sono programmati» potrebbe obiettare qualcuno. «È vero» è la risposta. «Ma anche il cervello può fare soltanto ciò per cui è stato programmato... dai suoi geni. Parte della programmazione del cervello è costituita dalla capacità di apprendere, e anche questa potrebbe essere inserita in un programma di computer.» Ma allora, se sarà possibile costruire un computer intelligente quanto un essere umano, perché non potrebbe essere realizzato anche più intelligente? Perché no? Forse è proprio questo il concetto di evoluzione.

Nell'arco di tre miliardi di anni, lo sviluppo casuale degli atomi e delle molecole ha finalmente prodotto, attraverso miglioramenti glacialmente lenti, una specie abbastanza intelligente da poter fare il passo successivo in pochi secoli, o persino decenni.

Poi le cose cominceranno veramente a muoversi.

Ma se i computer diventano più intelligenti degli esseri umani non potrebbero finire per sostituirci? Be', perché non dovrebbero farlo? Potrebbero essere gentili quanto intelligenti e lasciarci semplicemente estinguere per logorio. Potrebbero conservare qualcuno di noi come animale da salotto, oppure chiuderci in riserve.

Inoltre, considerate ciò che stiamo facendo in questo momento a noi stessi, a tutte le creature viventi, e persino al pianeta su cui viviamo. Forse è giunta l'ora di essere sostituiti. Forse il vero pericolo è che i computer non vengano sviluppati abbastanza in fretta da poterci sostituire.

Pensateci!

Propongo questa mia opinione soltanto come qualcosa a cui pensare.

Nel saggio *Intelligenze insieme*, più avanti in questa raccolta prenderò in considerazione un punto di vista del tutto diverso.

Le leggi della robotica

Titolo originale: *The Laws of Robotics*
© 1977 American Airlines

Non è facile pensare ai computer senza chiedersi se prenderanno mai il sopravvento. Ci sostituiranno, ci renderanno obsoleti, e si sbarazzeranno di noi così come noi ci siamo sbarazzati delle lance e delle scatole con l'esca, l'acciarino e la pietra focaia? Se immaginiamo cervelli simili a quelli dei computer dentro le imitazioni metalliche degli esseri umani che noi chiamiamo robot, la paura è ancora più diretta.

I robot assomigliano talmente agli esseri umani che il loro stesso aspetto potrebbe far venir loro idee di ribellione.

Questo è un problema che il mondo della fantascienza affrontò negli anni Venti e Trenta, e molte furono le storie scritte a mo' di ammonimento sui robot che, una volta costruiti, si sarebbero rivoltati contro i loro creatori e li avrebbero distrutti.

Quando ero ancora un giovanotto cominciai a stufarmi di questo ammonimento perché mi sembrava che un robot fosse una macchina e gli esseri umani non facessero altro che costruire macchine.

Dal momento che tutte le macchine sono pericolose, in un modo o nell'altro, gli esseri umani vi avevano incorporato delle salvaguardie.

Fu così che nel 1939 cominciai a scrivere una serie di storie nelle quali i robot venivano presentati con grande simpatia, come macchine che erano state progettate con cura per eseguire compiti specifici, con ampie salvaguardie per renderli benevoli.

In un racconto che scrissi nell'ottobre del 1941, presentai infine quelle salvaguardie nella forma specifica delle "Tre Leggi della Robotica". (Inventai la parola robotica, che non era mai stata usata prima.)

Eccole:

1. Un robot non può recar danno agli esseri umani, né può permettere che, a causa del suo mancato intervento, gli esseri umani ricevano danno.
2. Un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani tranne nel caso che tali ordini siano in contrasto con la Prima Legge.
3. Un robot deve salvaguardare la propria esistenza, purché ciò non sia in contrasto con la Prima o la Seconda Legge.

Queste leggi erano programmate nel cervello computerizzato del robot, e le numerose storie che scrissi sui robot le prendevano in considerazione.

Invero, queste leggi si dimostrarono così popolari tra i lettori ed erano talmente sensate, che altri scrittori di fantascienza cominciarono a usarle (senza mai citarle direttamente, soltanto io posso farlo), e tutte le vecchie storie sui robot che

distruggevano i loro creatori si estinsero.

Ah, ma questa è fantascienza.

E per quanto riguarda il lavoro che adesso viene fatto davvero sui computer e sull'intelligenza artificiale? Quando verranno costruite delle macchine che cominceranno ad avere un'intelligenza propria, vi verrà incorporato qualcosa di simile alle Tre Leggi della Robotica? Certo che sarà fatto, presupponendo che i progettisti dei computer abbiano un minimo d'intelligenza.

Per di più, le salvaguardie non saranno simili alle Tre Leggi della Robotica... saranno esattamente quelle.

All'epoca in cui concepì le tre leggi non mi resi conto che l'umanità vi si affidava sin dall'alba dei tempi. Immaginatele come "Le Tre Leggi degli Utensili", ed ecco come sarebbero formulate

1. Un utensile deve poter essere usato senza pericolo.
(È ovvio! I coltelli hanno i manici e le spade le else. Un utensile che reca facilmente danno a colui che lo usa, sempre che costui ne sia consapevole, non verrà certo usato con frequenza, quali che siano le altre sue qualità.)
2. Un utensile deve svolgere la sua funzione, sempre che lo faccia senza rischi.
3. Un utensile deve rimanere intatto durante l'uso, a meno che la sua distruzione non sia richiesta per motivi di sicurezza o a meno che la sua distruzione non faccia parte della sua funzione.

Nessuno cita mai queste Tre Leggi degli Utensili, perché sono date per scontate da tutti. Ciascuna legge, qualora venisse citata, verrebbe accolta di sicuro da un coro di «Be', ma è evidente!» Paragonate allora le Tre Leggi degli Utensili alle Tre Leggi della Robotica, legge per legge, e vedrete che corrispondono con esattezza.

E perché no, dal momento che il robot o, se così volete, il computer, è uno strumento costruito dall'uomo? Ma le salvaguardie sono sufficienti? Pensate agli sforzi che vengono compiuti per rendere sicura l'automobile, eppure le automobili uccidono ancora oggi 50 mila americani ogni anno.

Pensate allo sforzo che viene fatto per rendere sicure le banche, eppure le banche vengono ancora svaligate con puntualità.

Pensate allo sforzo che viene fatto per rendere sicuri i programmi dei computer, eppure cresce sempre più il pericolo di frodi attuate tramite i computer.

I computer, però, se dovessero diventare abbastanza intelligenti da "prendere il sopravvento", potrebbero anche essere abbastanza intelligenti da non richiedere più le Tre Leggi. Potrebbero, nella loro benevolenza, prendersi cura di noi e proteggerci dal male.

Qualcuno di voi potrebbe replicare che non siamo bambini e che l'essere protetti finirebbe per distruggere l'essenza stessa della nostra umanità.

Davvero? Guardate il mondo di oggi e quello del passato e chiedetevi se non siamo bambini, e bambini distruttivi se è per questo, e se non abbiamo bisogno di essere sorvegliati nel nostro stesso interesse.

Se esigiamo di essere trattati come adulti, non dovremmo agire da adulti? E quando abbiamo intenzione di cominciare a farlo?

Un futuro fantastico

Titolo originale: *Future Fantastic*
© 1989 Whittle Communications, L.P.
Apparso su *Special Reports Magazine*, 1989

Nel passato vi sono stati fondamentali punti di svolta nelle comunicazioni umane, che hanno alterato ogni aspetto del nostro mondo in maniera enorme e permanente.

Il primo progresso è stata la parola, il secondo la scrittura, il terzo la stampa. Adesso ci troviamo davanti al quarto progresso nel campo delle comunicazioni, importante in tutto e per tutto quanto i primi tre, il computer.

Questa quarta rivoluzione permetterà alla maggior parte degli esseri umani di essere più creativi di quanto lo siano mai stati. E a patto di non distruggere il mondo con una guerra nucleare, la sovrappopolazione o l'inquinamento, avremo un mondo di tecnobambini, un mondo diverso dal nostro quanto quello di oggi lo è dal mondo del cavernicolo.

Come si differenzierà la vita della prossima generazione da quella dei suoi genitori e dei suoi nonni? La nostra reazione più immediata è quella di considerare il computer come un'altra forma di divertimento, come una specie di super-TV. Può essere usato per giochi complessi, per mettersi in contatto con gli amici, e per un'infinità di scopi futili. Ma può anche cambiare il mondo.

Tanto per cominciare, le comunicazioni attraverso la rete dei computer possono spazzare via le distanze. Possono far apparire il globo piccolo come il nostro quartiere, e ciò può avere una conseguenza importante: lo sviluppo del concetto di umanità come società singola, non come una serie di segmenti sociali interminabilmente e inevitabilmente in guerra fra loro.

Il mondo potrebbe sviluppare una lingua franca globale, una lingua (senza alcun dubbio qualcosa di molto vicino all'inglese di oggi) che tutti capirebbero, anche se la gente conserverebbe le lingue individuali per uso locale.

Inoltre, dal momento che le comunicazioni saranno così facili e dal momento che i congegni meccanici ed elettronici possono essere controllati a distanza (la telemetria, per esempio, permette già adesso ai tecnici di inviare istruzioni a congegni che viaggiano nel sistema solare a miliardi di chilometri di distanza), i computer ridurranno la necessità di usare mezzi di trasporto fisici per ottenere o raccogliere informazioni.

Naturalmente non ci saranno ostacoli ai viaggi. Potrete pur sempre fare i turisti o visitare gli amici o i familiari di persona, piuttosto che farlo tramite la televisione a circuito chiuso. Ma non sarete costretti a farvi largo a gomitate soltanto per trasportare o ricevere informazioni che possono essere trasferite con il computer.

Ciò significa che i tecnobambini di domani saranno abituati a vivere in un mondo decentralizzato, a spingersi fuori dalle loro case (o comunque si chiameranno) in una

grande varietà di modi, per fare quello che c'è bisogno di fare.

Si sentiranno, allo stesso modo, completamente isolati e in contatto totale. I bambini della prossima generazione, e la società che creeranno, saranno partecipi del travolgente impatto dei computer nell'area dell'insegnamento.

Attualmente la nostra società si sforza di istruire il più gran numero di bambini possibile. Il limite nel numero degli insegnanti significa che i bambini imparano in massa. A ogni bambino, in un distretto scolastico, in una regione o in uno stato, viene insegnata la stessa cosa, nello stesso tempo, e più o meno alla stessa maniera.

Ma poiché ogni bambino ha degli interessi e dei metodi di apprendimento individuali, l'esperienza dell'istruzione di massa risulta sgradevole. Il risultato è che molti adulti si oppongono all'idea di studiare nella vita postscolastica: ne hanno avuto abbastanza.

L'apprendimento potrebbe essere piacevole, persino affascinante e avvincente, se i bambini potessero studiare in maniera specifica qualcosa che li interessa individualmente, nel momento di loro scelta e alla loro maniera.

Questo tipo di studio è oggi possibile tramite le biblioteche pubbliche. Ma la biblioteca è uno strumento maldestro. Ci si deve andare, è possibile prendere a prestito soltanto un numero limitato di volumi, e i libri devono essere restituiti dopo un breve periodo di tempo.

È chiaro che la soluzione sarebbe quella di portare le biblioteche nelle case. Proprio come i giradischi hanno portato in casa le sale dei concerti e la televisione ha portato il cinema, così i computer possono portare a casa la biblioteca pubblica.

I tecnobambini di domani avranno a disposizione un mezzo bell'e pronto per saziare la loro curiosità. Sapranno già in tenera età come ordinare al computer di fornir loro elenchi di materiali di ricerca. A mano a mano che il loro interesse verrà destato (e, si spera, guidato dai loro insegnanti a scuola), impareranno di più in meno tempo, e troveranno nuove strade da battere.

L'insegnamento avrà in aggiunta una forte componente di autoincentivo. La capacità di seguire una propria via personale incoraggerà il tecnobambino ad associare l'apprendimento al piacere e a crescere fino a diventare un tecnoadulto attivo: attivo, curioso e pronto ad ampliare il proprio ambiente mentale fino a quando il suo cervello non sarà stato fisicamente ottenebrato dalle devastazioni della vecchiaia.

Questo nuovo approccio all'insegnamento può influenzare anche un'altra area della vita: il lavoro.

Fino a oggi la maggior parte degli esseri umani ha svolto lavori che sottoutilizzavano il cervello. In epoche passate, quando il lavoro consisteva in gran parte di brutali fatiche fisiche, erano pochissimi coloro che avevano la possibilità di alzare lo sguardo verso le stelle o di formulare pensieri astratti.

Perfino quando la rivoluzione industriale portò alla costruzione di macchine che liberarono l'umanità dal peso delle fatiche fisiche, un insignificante "lavoro specializzato" prese il loro posto.

Oggi gli addetti a una catena di montaggio e quelli che lavorano negli uffici svolgono lavori che richiedono assai poco cervello. Per la prima volta nella storia, macchine specializzate, oppure robot, saranno in grado di svolgere questi lavori di routine.

Quando i tecnobambini diventeranno adulti e passeranno al mondo del lavoro, avranno tutto il tempo di esercitare una maggiore creatività, di operare nel campo del teatro, della scienza della letteratura, del governo, e degli svaghi. E saranno pronti per questo tipo di lavoro come risultato della rivoluzione computerizzata nel campo dell'insegnamento.

Qualcuno potrebbe dubitare che la gente creativa sia in numero così ampio. Ma questo modo di pensare nasce da un mondo nel quale soltanto pochi sfuggono alla distruzione mentale da parte di lavori che non richiedono l'uso del cervello.

Ne abbiamo già parlato: si è sempre dato per scontato che la capacità di leggere e di scrivere, per fare un esempio, fosse la sfera d'azione di quei pochi che avevano una mente specificamente adatta al complicato compito di leggere e di scrivere.

Naturalmente con l'avvento della stampa e dell'istruzione di massa, è risultato che la maggior parte degli esseri umani ne aveva la capacità.

Cosa significa tutto questo? Significa che avremo a che fare con un mondo di agi.

Una volta che saranno computer e robot a fare i lavori monotoni e meccanici, il mondo comincerà a prendersi cura di sé in misura assai maggiore di quanto abbia mai fatto prima. Come risultato, ci sarà più "gente del Rinascimento"? Sì.

Al giorno d'oggi lo svago rappresenta un piccolo segmento della vita, che viene sfruttato ben poco a causa della mancanza di tempo, oppure viene sprecato nel dolce far niente, nel disperato tentativo di fuggire quanto più lontano possibile dall'odiato mondo del lavoro di tutti i giorni.

Quando lo svago riempirà la maggior parte del tempo, non ci sarà più la sensazione di fare a gara con l'orologio o la macchina che timbra il cartellino, né l'impulso irrefrenabile a sfogarsi nei bagordi contro la schiavitù dell'odiato lavoro. La gente assaporerà una varietà d'interessi senza fretta alcuna, diventerà specializzata o esperta in un certo numero di campi, e coltiverà diversi talenti in vari periodi della propria vita.

Queste non sono soltanto congetture.

Ci sono state epoche nella storia in cui la gente disponeva di schiavi (la versione umana, brutale, dei computer) che lavoravano per loro. Altri hanno avuto l'appoggio dei mecenati. Quando anche soltanto pochissime persone avevano ampi spazi di tempo a disposizione per perseguire i propri interessi il risultato è sempre stato l'esplosione della cultura.

L'Età dell'Oro di Atene nel tardo Quinto secolo a.C., e il Rinascimento in Italia dal Quattordicesimo al Sedicesimo secolo sono gli esempi più noti. Non soltanto la gente avrà la libertà di dedicarsi ai propri hobby e interessi e sogni, ma un gran numero di loro vorrà anche coltivare i propri talenti.

Siamo in tanti ad avere in noi un po' del gigione. Cantiamo sotto la doccia, prendiamo parte a spettacoli teatrali di dilettanti oppure marciamo in parata.

È mia ipotesi che il Ventunesimo secolo svilupperà una società nella quale un terzo della popolazione sarà impegnato nel fornire svaghi agli altri due terzi. E ci saranno inevitabilmente nuove forme di svago che adesso riusciamo a prevedere soltanto in modo indistinto.

È facile pronosticare la televisione tridimensionale. E lo spazio potrebbe diventare una nuova arena di attività. Per esempio, la manipolazione di oggetti sferici di varie

dimensioni in una gravità prossima allo zero potrebbe produrre forme molto più complicate di tennis o di calcio.

La danza classica e perfino i balli di tutti i giorni potrebbero diventare qualcosa di stupefacente e richiedere un nuovo tipo di coordinazione che sarà delizioso da osservare, poiché sarà altrettanto facile muoversi in su e in giù così come lo è oggi muoversi avanti e indietro, o a sinistra e a destra.

E cosa ne sarà di chi sceglierà di non spartire le proprie inclinazioni e i propri interessi e vorrà ritirarsi in un mondo tutto suo? Una persona interessata ad apprendere tutto il possibile sulla storia dei costumi, per esempio, sarà in grado di cercare in tutte le biblioteche del mondo da una singola località isolata, e potrà far tutto semplicemente restando là dove si trova.

Potremmo allora ritrovarci in una società nella quale un numero senza precedenti di persone sarà costituito da eremiti intellettuali? Potremmo generare una razza di introversi? Le possibilità che si arrivi a questo sono scarse.

La gente che finisce per interessarsi in maniera maniacale a un singolo aspetto del sapere sarà con molta probabilità posseduta da zelo missionario. Vorranno spartire con altri il loro sapere. Già oggi, chi si interessa a una materia poco nota preferisce di gran lunga parlarne con chiunque gli capiti d'incontrare, piuttosto che starsene seduto in silenzio in un angolo.

Se mai esiste un pericolo, è quello che un interesse bizzarro finisca per dar vita a un noioso chiacchierone, piuttosto che a un eremita. Non dobbiamo dimenticare la tendenza che hanno coloro che condividono gli stessi interessi a riunirsi, a formare un sottouniverso temporaneo che diventa un rifugio ricco di un fascino speciale.

Negli anni Settanta, per esempio, qualcuno ebbe l'idea di organizzare un congresso per gli appassionati di *Star Trek*, aspettandosi che al massimo vi partecipasse qualche centinaio di persone. Invece gli appassionati vi si riversarono a migliaia (e si supponeva che la televisione fosse un veicolo d'isolamento!).

Le riunioni on-line, nelle quali il veicolo è il computer, e la gente è coinvolta in maniera attiva, incontrano allo stesso modo alti livelli di partecipazione. E fra un convegno ufficiale e l'altro, ci sarà un caleidoscopio di gente collegata in comunità globali dalle comunicazioni computerizzate.

Avranno luogo congressi perpetui, nei quali i singoli entreranno e usciranno portando scoperte e idee e andandosene arricchiti.

Ci sarà un continuo intreccio di nozioni insegnate e apprese.

Quella che prevedo è una società di intensi fermenti creativi, gente che comunica con altra gente, pensieri nuovi che sorgono e si diffondono a una velocità mai immaginata prima, cambiamenti e novità che riempiranno il pianeta (per non parlare dei mondi artificiali più progrediti che verranno costruiti nello spazio).

Sarà un mondo nuovo che guarderà ai secoli precedenti come a un tempo in cui si viveva solo a metà.

La macchina e il robot

Titolo originale: *The Machine and the Robot*
© 1978 Science Fiction Research Associates
and Science Fiction Writers of America

Per il fisico una macchina è ogni congegno che trasferisca la forza da un punto in cui viene applicata a un altro punto dove viene usata, e ne cambia, durante il procedimento, l'intensità o la direzione. In questo senso, se un essere umano utilizza qualcosa che non faccia parte del suo corpo, utilizza una macchina.

Un paio di milioni di anni fa, quando ancora non era facile stabilire se gli ominidi più evoluti fossero più simili agli uomini o alle scimmie, i sassi venivano già scheggiati e i loro bordi acuminati usati per tagliare o raschiare.

E persino un sasso scheggiato è una macchina, poiché la forza applicata dalla mano all'orlo smussato viene trasmessa all'orlo tagliente e, durante l'operazione, intensificata. La forza applicata sopra l'area più ampia è uguale alla forza trasmessa sopra la piccola area dell'estremità tagliente. La pressione (forza diviso superficie) viene però aumentata, e pur senza aumentare la forza complessiva, se ne amplifica l'effetto. Il sasso dall'estremità aguzza può, grazie alla maggiore pressione che esercita, aprirsi la strada a forza attraverso un oggetto là dove un sasso arrotondato (o la mano di un uomo) non potrebbe.

Al lato pratico, però, pochissime persone, al di fuori dei fisici più inflessibili, definirebbero "macchina" un sasso scheggiato. Nella pratica, noi consideriamo le macchine congegni relativamente complicati, ed è più probabile che usiamo questo termine se il congegno è in qualche modo distanziato dalla guida e dalla manipolazione umana diretta. Più un congegno è distanziato dal controllo umano, più sembra autenticamente meccanico, e tutta la tendenza della tecnologia è stata quella di concepire macchine che siano sempre meno sotto il diretto controllo umano e sembrino possedere sempre più l'indizio di una volontà propria.

Un sasso scheggiato fa quasi parte della stessa mano, dato che non l'abbandona mai. Una lancia scagliata dichiara una specie di indipendenza, nel momento stesso in cui viene lasciata libera dalla mano che la scaglia.

L'evidente allontanamento progressivo dal controllo diretto e immediato ha reso possibile per gli esseri umani, persino in epoca primitiva, formulare previsioni sempre più azzardate e immaginare congegni ancora meno controllabili, ancora più indipendenti di quelli di cui avevano una diretta esperienza.

Ed ecco una primitiva forma di *fantasy*, che qualcuno, definendo il termine più ampiamente di quanto farei io, potrebbe perfino chiamare *fantascienza*.

L'uomo può muoversi, camminando, per controllo intimo e diretto; o in sella a un cavallo, controllando i muscoli più potenti dell'animale con le redini e i calcagni; oppure su una nave, utilizzando l'invisibile potenza del vento. Perché non progredire

ulteriormente in questo estraniamento, tramite gli stivali delle sette leghe, i tappeti volanti, i vascelli autopropulsi? La forza utilizzata in quei casi era “magica”, lo sfruttamento di energie superumane e trascendenti di dèi o di demoni.

Né queste fantasticherie riguardano soltanto l'aumento dell'energia fisica degli oggetti inanimati, ma anche l'aumento dei poteri mentali di oggetti che venivano ancora considerati come essenzialmente inanimati.

L'intelligenza artificiale non è poi un concetto così moderno...

Efesto, il dio greco della forgia, viene raffigurato nell'*Iliade* come in possesso di donne meccaniche, che erano mobili e intelligenti tanto quanto le donne in carne e ossa, e che lo aiutavano nel suo palazzo. Perché no? Dopotutto, se un fabbro umano fabbrica oggetti metallici inanimati fatti con vile metallo chiamato ferro, perché mai un dio fabbro non dovrebbe creare oggetti metallici inanimati assai più intelligenti con un metallo più nobile? È una estrapolazione facile, che negli scrittori di fantascienza (i quali, in epoca primitiva, si dedicarono alla creazione di miti, per mancanza di scienza), si manifesta come una seconda natura.

Ma gli artigiani umani, se erano abbastanza abili, potevano anch'essi costruire degli esseri umani meccanici. Pensate a Talos, un guerriero di bronzo creato dal Thomas Edison dei miti greci, Dedalo.

Talos proteggeva le sponde di Creta, girando intorno all'isola una volta al giorno e tenendo lontani tutti gli intrusi. Il fluido che lo teneva in vita veniva mantenuto all'interno del suo corpo da un tappo sistemato su un tallone. Quando gli argonauti sbarcarono a Creta, Medea usò la sua magia per estrarre il tappo, e Talos perse tutta la sua pseudoanimazione.

(È facile attribuire un significato simbolico a questo mito. Creta, a partire dal quarto millennio a.C., prima che i greci entrarono in Grecia, possedeva una marina, la prima marina efficace della storia umana. La marina cretese permise agli isolani di fondare un impero, estendendolo alle isole vicine e al continente. I barbari greci, invadendo quel territorio, si trovarono all'inizio più o meno sotto la dominazione cretese. I guerrieri dalle armature di bronzo, trasportati dalle navi protessero il territorio continentale di Creta per duemila anni, e poi fallirono. Il tappo fu tolto, per così dire, quando l'isola di Thera esplose a causa di una colossale eruzione vulcanica, nel 1500 a.C., e uno *tsunami* indebolì enormemente la civiltà cretese, per cui i greci presero il sopravvento. Tuttavia, il fatto che un mito sia una specie di ricordo vago e distorto di un evento reale non modifica la sua funzione, quella di indicare i sentieri del pensiero umano.)

Quindi, sin dall'inizio, la macchina ha costretto l'umanità a confrontarsi con il suo duplice aspetto. Finché rimane completamente sotto il controllo umano, è utile e buona e permette alla gente di vivere meglio.

Tuttavia, è esperienza dell'umanità (e lo era già sin dai primissimi tempi) che la tecnologia è una cosa cumulativa, che le macchine vengono invariabilmente migliorate, e che il miglioramento è sempre nella direzione dell'indipendenza, cioè sempre nella direzione di una forma di controllo meno umana e di un maggior autocontrollo.

E la velocità del processo aumenta di continuo.

A mano a mano che il controllo umano diminuisce, la macchina comincia in

proporzione inversa a far paura. Anche quando il controllo umano non diminuisce in maniera visibile, o diminuisce troppo lentamente, non è un compito difficile per l'ingegnosità umana prevedere un'epoca in cui la macchina potrebbe sfuggire del tutto a ogni forma di controllo, e la paura che ciò accada viene avvertita in anticipo.

La paura di che cosa? La paura più semplice e più ovvia è quella di un possibile danno che può derivare da un macchinario del quale si è perso il controllo.

Infatti ogni progresso tecnologico, per quanto fondamentale, presenta il duplice aspetto bene/male e, come reazione, viene visto con il duplice aspetto di amore/paura.

Il fuoco riscalda, dà la luce, cucina i cibi, fonde i minerali grezzi... e, fuori controllo, brucia e uccide. Le lance e i coltelli uccidono gli animali pericolosi e gli avversari umani e, fuori dal vostro controllo, vengono usati dagli avversari per uccidere voi.

Potete scorrere l'elenco e trovare infiniti esempi e non c'è mai stata nessuna attività umana che, sfuggendo al controllo e facendo del male, non abbia indotto molti a sospirare: «Oh, se soltanto avessimo conservato il modo di vivere semplice e virtuoso dei nostri antenati, che non erano afflitti da queste stupide novità!» Ma il timore di future tragedie generate da questo o quel progresso appartiene a quel tipo di paure profonde, tanto difficili da esprimere che devono trovare sbocco nel mito? Non lo credo.

La paura della macchina per i disagi o per i dolori occasionali che può causare, non ha (per lo meno fino ai tempi recenti) indotto l'umanità a tirare più di un occasionale sospiro.

L'amore per l'uso delle macchine ha sempre di gran lunga compensato questi timori, come risulta evidente se consideriamo che molto di rado nella storia dell'umanità una cultura ha volontariamente rinunciato a progressi tecnologici significativi a causa della scomodità o dei danni causati dai suoi effetti collaterali.

Ci sono state delle involontarie ritirate dalla tecnologia, come risultato della guerra, di lotte civili, epidemie, o disastri naturali, ma i risultati di queste epoche sono quelle che chiamiamo "età oscure" e la popolazione che le subisce fa del suo meglio, nell'arco di qualche generazione, per tornare sul binario e ripristinare la tecnologia.

L'umanità ha sempre scelto di combattere i mali della tecnologia, non girandole le spalle, ma ricorrendo a una tecnologia nuova.

Il fumo causato dal fuoco all'interno delle case venne combattuto con il camino. Il pericolo della lancia venne combattuto con lo scudo. Il pericolo di un esercito venne combattuto con le mura fortificate. Questo atteggiamento, malgrado la costante pioggia di proteste retrograde, è continuato fino a oggi.

Il prodotto tecnologico caratteristico della vita attuale è l'automobile. Inquina l'aria, aggredisce i timpani, uccide 50 mila americani all'anno e ne ferisce centinaia di migliaia che sopravvivono con menomazioni più o meno gravi. Qualcuno si aspetta davvero che gli americani rinuncino volontariamente ai loro piccoli e mortali beniamini? E molto probabile che persino coloro che partecipano alle dimostrazioni per denunciare la meccanizzazione della vita moderna raggiungano in automobile i luoghi di raduno.

Il primo momento in cui la grandezza del danno potenziale venne considerata da molte persone come non compensata da qualsivoglia bene concepibile, si ebbe con

l'avvento della bomba a fissione nel 1945. Mai, prima di allora, un progresso tecnologico aveva scatenato richieste di abbandono da parte di una percentuale così ampia della popolazione.

In effetti, la reazione alla bomba a fissione creò una nuova moda. La gente fu più pronta a opporsi ad altri progressi che considerava inaccettabilmente dannosi nei loro effetti collaterali: la guerra biologica, i missili intercontinentali, certi esperimenti genetici sui microorganismi, i reattori nucleari autofertilizzanti, le bombolette spray.

Ma anche così, finora non si è rinunciato a niente.

Ma siamo sul binario giusto.

La paura della macchina non si annida al livello più basso dell'anima, se il male che essa arreca è accompagnato anche dal bene, oppure se il male è limitato soltanto a certa gente, i pochi che hanno la sventura di trovarsi coinvolti in uno scontro automobilistico, per esempio. La maggioranza, dopotutto, vi sfugge, e approfitta solo dei benefici.

No, è soltanto quando la macchina minaccia in qualche modo tutta l'umanità per cui ogni essere umano comincia a intuire che lui stesso non riuscirà a sfuggire, che la paura travolge l'amore.

Ma dal momento che la tecnologia ha cominciato a minacciare la razza umana nel suo insieme solo da trent'anni, prima di allora eravamo immuni alla paura, oppure la razza umana è sempre stata minacciata? Dopotutto, la distruzione fisica tramite l'energia che soltanto oggi stringiamo in pugno rappresenta forse l'unica maniera in cui l'umanità può essere distrutta? Non potrebbe la macchina distruggere l'essenza dell'umanità, la nostra mente e la nostra anima, pur lasciando il nostro corpo intatto, sicuro e comodo? Per esempio, è diffuso il timore che la televisione renda incapace la gente di leggere e che i computer tascabili le tolgano la capacità di far di conto.

Oppure pensate a un re spartano che, nell'osservare una catapulta in azione, si fosse lamentato dicendo che l'ardimento umano era destinato a scomparire.

Non c'è dubbio che queste sottili minacce all'umanità siano esistite e siano state riconosciute durante tutte le lunghe epoche in cui il debole controllo dell'uomo sulla natura ha fatto sì che gli fosse impossibile arrecare a se stesso un eccessivo danno fisico.

La paura che i macchinari possano rendere l'uomo inutile non è ancora, a mio avviso, la paura fondamentale e la più grande.

Quella che (così pare a me) colpisce più vicino al cuore è la paura generica di un mutamento irreversibile.

Riflettete: ci sono due tipi di mutamenti che possiamo cogliere nell'universo che ci circonda.

Il primo è ciclico e benevolo. Il giorno segue la notte e ne è a sua volta seguito. L'estate allo stesso tempo segue l'inverno e ne è seguita. La pioggia segue il sereno e ne è seguita, e perciò il risultato netto è: nessun mutamento. Potrà anche essere noioso, ma è tranquillizzante e crea una sensazione di sicurezza.

In effetti, il concetto di cambiamenti ciclici a breve termine che implicino una immutabilità a lungo termine è talmente confortevole da spingere gli esseri umani a darsi da fare per trovarli dovunque. Nelle faccende umane c'è il concetto che una generazione ne segua un'altra e a sua volta ne sia seguita, che una dinastia ne segua

un'altra e a sua volta ne sia seguita, che un impero ne segua un altro e a sua volta ne sia seguito.

Non è una buona analogia con i cicli della natura, dal momento che le ripetizioni non sono esatte, ma va bene quanto basta per essere tranquillizzante. Gli esseri umani bramano a tal punto il conforto dei cicli da aggrapparvisi anche quando le prove sono insufficienti, o perfino quando la realtà va nella direzione opposta.

Per ciò che riguarda l'universo, le prove di cui disponiamo indicano un'evoluzione iperbolica: un universo che si espande senza fine dal big bang iniziale per finire sotto forma di gas informi e buchi neri.

Eppure le nostre emozioni, malgrado le prove, ci trascinano verso il concetto di un universo oscillante, ciclico e ripetitivo, nel quale persino i buchi neri sono porte aperte su altri big bang.

E poi c'è quell'altro mutamento che va evitato a ogni costo, il mutamento malevolo e irreversibile; il mutamento a senso unico, il mutamento permanente; il mutamento-senza-più-ritorno. Cos'ha di tanto spaventoso? Il fatto è che esiste un mutamento di questo tipo che si trova così vicino a noi da deformare il nostro intero universo.

Malgrado tutto siamo vecchi, e anche se un tempo eravamo giovani, non saremo mai più giovani.

Irreversibile! I nostri amici muoiono, e anche se un tempo erano vivi, non lo saranno mai più.

Irreversibile! Il fatto è che la vita finisce nella morte e questo non è un cambiamento ciclico e noi temiamo questa fine e sappiamo che è inutile combatterla.

Il peggio è che l'universo non muore con noi.

Insensibile e immortale, continua ad andare avanti con i suoi mutamenti ciclici, aggiungendo al danno della morte l'insulto dell'indifferenza.

E quello che è ancora peggio è che il resto dell'umanità non muore con noi.

Ci sono esseri umani più giovani, nati più tardi, che all'inizio erano impotenti e dipendevano da noi, ma che sono cresciuti fino a diventare la nostra nemesi e a sostituirci a mano a mano che invecchiamo e moriamo.

Al danno della morte va ad aggiungersi l'insulto della sostituzione.

Ho forse detto che è inutile combattere questo orrore della morte accompagnato dall'indifferenza e dalla sostituzione? Non proprio.

L'inutilità risulta evidente soltanto se siamo sostenuti dalla ragione ma non c'è nessuna legge che ci obblighi a farlo, e infatti gli esseri umani non lo fanno.

La morte può essere evitata semplicemente negandone l'esistenza.

Possiamo supporre che la vita sulla Terra sia un'illusione, un breve periodo di prova che precede l'ingresso in un aldilà dove tutto è eterno e non esistono problemi di mutamenti irreversibili.

Oppure possiamo supporre che sia soltanto il corpo a essere soggetto alla morte e che esista una componente immortale di noi stessi, non soggetta a mutamenti irreversibili, che potrebbe, dopo la morte del corpo, insediarsi in un altro corpo, in una serie indefinita di cicli vitali.

Queste mitiche invenzioni dell'aldilà e della trasmigrazione rendono la vita tollerabile a molti esseri umani e permettono loro di affrontare la morte con

ragionevole equanimità, ma la paura della morte e della sostituzione è soltanto mascherata e ricoperta, non viene rimossa.

Infatti i miti greci comportano la successiva sostituzione di una serie di immortali con un'altra, in quella che sembra una disperata ammissione che neppure la vita eterna e i poteri sovrumani possano rimuovere il pericolo dei mutamenti irreversibili e dell'umiliazione di essere sostituiti.

Per i greci era il disordine (il Caos) il primo a governare l'universo, poi sostituito da Urano (il Cielo), il cui intricato spolverio di stelle e di pianeti che si muovevano in maniera complessa simboleggiava l'ordine (il Cosmo). Ma Urano venne castrato da Crono, suo figlio. Allora Crono, i suoi fratelli, le sue sorelle e la loro progenie dominarono l'universo.

Crono temeva di venir trattato dai suoi figli così come lui aveva trattato suo padre (una specie di ciclo di mutamenti irreversibili) e divorava i suoi figli non appena nati. Tuttavia venne imbrogliato da sua moglie che riuscì a salvare l'ultimogenito, Zeus, e a farlo sparire mettendolo in salvo. Zeus crebbe fino a diventare una divinità adulta, salvò i suoi fratelli dallo stomaco del padre, fece la guerra a Crono e ai suoi seguaci, lo sconfisse, e lo sostituì come sovrano.

(Ci sono miti della sostituzione anche in altre culture, persino nella nostra, come quello nel quale Satana tenta di soppiantare Dio e fallisce: un mito che ha raggiunto la sua massima espressione letteraria nel *Paradiso perduto* di John Milton.)

E Zeus era al sicuro? Fu attratto dalla ninfa marina Teti, e l'avrebbe sposata se non fosse stato informato dal Fato che Teti era destinata a mettere al mondo un figlio più potente di suo padre. Ciò significava che non era sicuro per Zeus, né per qualsiasi altra divinità, sposarla. Perciò Teti venne costretta (contro la sua volontà) a sposare Peleo, un mortale, e generare un figlio mortale, l'unico figlio che abbia avuto.

Quel figlio era Achille, di certo assai più potente di suo padre (e, anche lui come Talos, aveva il tallone come unico punto debole attraverso il quale poteva essere ucciso.) Adesso, dunque, traduciamo questa paura del mutamento irreversibile, e della sostituzione, nel rapporto fra l'uomo e la macchina, e cosa otteniamo? La più grande paura non è certo che la macchina ci faccia del male, ma che ci sostituisca.

Non che ci renda inefficaci, ma che ci renda superati.

La macchina suprema è una macchina intelligente ed esiste soltanto una trama fondamentale per la storia della macchina intelligente: essa viene creata per servire l'uomo, ma finisce per dominarlo. Non può esistere senza minacciare di soppiantarci, e perciò dev'essere distrutta, altrimenti saremo noi a esserlo.

C'è il pericolo della scopa dell'apprendista stregone, il golem del rabbino Loew, il mostro creato dal dottor Frankenstein. Come il bambino nato dal nostro corpo finisce per sostituirci, così fa la macchina nata dalla nostra mente.

Frankenstein, di Mary Shelley, che venne pubblicato nel 1818, rappresenta però un picco nella storia della paura, dato che in seguito le circostanze cospirarono a ridurre quella paura, per lo meno temporaneamente.

Fra l'anno 1815, che vide la fine di una serie di guerre europee generalizzate, e il 1914, che vide l'inizio di un'altra guerra generalizzata, vi fu un breve periodo durante il quale l'umanità poté permettersi il lusso dell'ottimismo circa il suo rapporto con la

macchina.

All'improvviso la rivoluzione industriale parve innalzare il potere degli esseri umani e permetter loro sogni di un'utopia tecnologica sulla Terra al posto di quella mitica in Paradiso. Il bene delle macchine sembrava controbilanciare di gran lunga il male, e l'amore controbilanciava di gran lunga la paura.

Fu in quell'intervallo di pace che ebbe inizio la moderna fantascienza, e per moderna fantascienza mi riferisco a una forma di letteratura la quale si occupa di società che differiscono dalla nostra in modo specifico a livello di scienza e tecnologia, e alle quali potremmo ragionevolmente giungere grazie ad appropriati cambiamenti tecnico-scientifici. (E questo che diversifica la fantascienza dalla fantasy o dalla "narrativa speculativa", nelle quali la società immaginata non può essere collegata con la nostra da una qualsivoglia successione razionale di mutamenti.) La moderna fantascienza, a causa del periodo in cui nacque, assunse una nota ottimistica.

Il rapporto dell'uomo con la macchina era di pratico impiego e di pieno controllo. Il potere dell'uomo aumentava e le macchine dell'uomo erano i suoi utensili fedeli: gli procuravano ricchezza e sicurezza, e lo trasportavano fino alle più lontane distese dell'universo.

Questa nota ottimistica continua fino ai nostri giorni, in particolare fra quegli scrittori che vennero plasmati negli anni anteriori all'avvento della bomba a fissione; degni di nota, fra questi, Robert Heinlein, Arthur C. Clarke, e io stesso.

Nondimeno, la prima guerra mondiale portò la disillusione.

La scienza e la tecnologia, che avevano promesso il giardino dell'Eden, si erano invece rivelate capaci di partorire anche l'inferno.

Il meraviglioso aeroplano che aveva realizzato il sogno, vecchio di secoli, del volo, poteva sganciare le bombe.

Le tecniche della chimica che avevano creato anestetici, coloranti e medicine, produssero anche i gas tossici.

La paura di essere soppiantati si levò di nuovo.

Nel 1921, non molto tempo dopo la fine della prima guerra mondiale, comparve il dramma di Karel Čapek, *R.U.R.*, e fu di nuovo la storia di Frankenstein, innalzata a livello planetario.

Non veniva creato un mostro singolo, ma milioni di robot (la parola usata da Čapek significa "operaio", un operaio meccanico, s'intende).

E non fu un singolo mostro a rivoltarsi contro il suo creatore, ma i robot a rivoltarsi in massa contro l'umanità, spazzandola via e soppiantandola.

Dagli inizi delle riviste di fantascienza, a partire dal 1926, fino al 1959 (un terzo di secolo, ossia una generazione), l'ottimismo e il pessimismo si scontrarono nella fantascienza, e l'ottimismo, grazie soprattutto all'influenza di John W. Campbell jr., ebbe la meglio.

A partire dal 1939, io scrissi una serie di storie di robot che timidamente combattevano il "complesso di Frankenstein" facendo diventare i robot servitori, amici, e alleati dell'umanità.

Però, alla fine, fu il pessimismo ad averla vinta, e per due ragioni: la prima, le macchine erano diventate più spaventose. Naturalmente la bomba a fissione

minacciava la distruzione fisica, ma, cosa ancora peggiore, era il computer elettronico che progrediva con preoccupante rapidità.

I computer parevano rubare l'anima all'uomo. Risolvevano con destrezza i nostri problemi di routine e noi ci trovavamo a riporre i nostri quesiti, con fede crescente, nelle mani di queste macchine, accettando le loro risposte con crescente umiltà.

Tutto quello che le bombe a fissione e a fusione possono fare è distruggerci; il computer potrebbe soppiantarci.

La seconda ragione è più sottile, perché ha comportato un cambiamento nella natura dello scrittore di fantascienza.

Fino al 1959, c'erano molti rami della narrativa, e forse la fantascienza era il minore fra tutti. Offriva ai suoi scrittori assai meno in termini di prestigio e di denaro rispetto a quasi tutti gli altri rami, cosicché nessuno scriveva fantascienza, a meno di non esserne talmente affascinato da sentirsi disposto a rinunciare, per amore, a qualsiasi possibilità di fama e di fortuna.

Spesso questo fascino nasceva da un interesse profondo nel romanzo scientifico, cosicché gli scrittori di fantascienza avevano la naturale tendenza a raffigurare l'uomo come colui che conquistava l'universo, imparando a piegarlo al proprio volere.

Tuttavia negli anni Cinquanta la concorrenza della televisione soffocò a poco a poco le riviste che pubblicavano narrativa, e quando arrivarono gli anni Sessanta la sola forma di narrativa fiorente e perfino in espansione, era la fantascienza.

Le sue riviste continuavano a uscire, e iniziò l'incredibile esplosione dei tascabili.

La fantascienza invase in misura minore anche i film e la televisione, ma i suoi più grandi trionfi erano senza alcun dubbio ancora di là da venire.

La conseguenza fu che, negli anni Sessanta e Settanta, i giovani scrittori cominciarono a scrivere fantascienza non perché volessero farlo, ma perché esisteva, e c'era assai poco fra cui scegliere.

Proprio per questo, molti scrittori di fantascienza della nuova generazione non avevano nessuna conoscenza e nessuna simpatia per la scienza, e le erano in effetti piuttosto ostili.

Erano assai più pronti ad accettare in toto la metà riservata alla paura del rapporto amore/paura dell'uomo con la macchina.

Come risultato, la fantascienza contemporanea ci presenta ripetutamente il mito del figlio che soppianta il genitore, Zeus che soppianta Crono, Satana che soppianta Dio, la macchina che soppianta l'umanità.

Sono incubi, e come tali vanno letti.

Ma permettetemi, per concludere, un mio personale, cinico commento.

Ricordatevi che, malgrado Crono avesse previsto il pericolo di essere soppiantato, e malgrado avesse ucciso i suoi figli per impedirlo venne soppiantato lo stesso, e giustamente, poiché Zeus era un sovrano migliore di lui.

Così, anche se odieremo e combatteremo le macchine, forse finiremo lo stesso per essere soppiantati, e giustamente, perché le macchine intelligenti alle quali daremo vita potrebbero, meglio di noi, portare avanti gli sforzi verso lo scopo finale della comprensione e dell'impiego dell'universo, raggiungendo infine vette alle quali noi non avremmo mai potuto aspirare.

La nuova professione

Titolo originale: *The New Profession*
© 1979 American Airlines

Nel 1940 scrissi una storia nella quale il personaggio principale si chiamava Susan Calvin. (Santo Cielo, è passato quasi mezzo secolo!) Era una “robopsicologa” di professione e sapeva tutto quello che c’era da sapere su ciò che faceva girare le rotelline dei robot.

Era una storia di fantascienza, naturalmente.

Negli anni immediatamente successivi scrissi altre storie su Susan Calvin, e da come descrivevo le cose, lei era nata nel 1982, aveva frequentato la Columbia, si era specializzata in robotica, e si era laureata nel 2003. Proseguì con un corso di perfezionamento, e nel 2010 lavorava in una società chiamata U.S. Robots and Mechanical Men, Inc.

Non avevo preso sul serio niente di tutto questo, mentre lo scrivevo.

Dopotutto, era “soltanto fantascienza”.

Tuttavia, stranamente, sta funzionando.

I robot vengono usati alle catene di montaggio, e ogni anno che passa sono sempre più importanti.

Le industrie automobilistiche li stanno installando nelle loro fabbriche a decine di migliaia. E in maniera crescente faranno la loro comparsa anche altrove, mentre robot sempre più complessi e intelligenti cominciano ad affacciarsi sui tavoli di progettazione.

Questi robot finiranno naturalmente per spazzare via molti lavori, ma ne creeranno anche altri.

Però prima dovranno essere progettati. Dovranno essere costruiti e installati. Poi, dal momento che niente è perfetto, di tanto in tanto si guasteranno e dovranno essere riparati. Per mantenere al minimo la necessità di riparazioni, la loro manutenzione dovrà essere accurata. Potrebbero perfino dover essere modificati di tanto in tanto per farli lavorare in maniera diversa.

Per realizzare tutto ciò, avremo bisogno di un gruppo di persone che chiameremo, in modo generico, tecnici robotici. Esistono alcune stime secondo le quali, per l’epoca in cui la mia Susan Calvin uscirà dall’università, ci saranno più di due milioni di tecnici robotici soltanto negli Stati Uniti, e forse sei milioni nel mondo.

Susan non sarà sola.

Supponiamo di aggiungere a questi tecnici tutte le altre persone che verranno impiegate da questa industria in rapida crescita, direttamente o indirettamente collegate alla robotica. Potrebbe benissimo risultare che i robot creano nuovi lavori anziché spazzare via quelli vecchi, ma, naturalmente, i due tipi di lavoro saranno diversi il che significa che ci sarà un difficile periodo di transizione durante il quale

coloro i cui lavori sono scomparsi dovranno essere riaddestrati, così da poter svolgere i nuovi compiti.

Questo potrebbe non essere automatico, e dovranno esserci iniziative sociali innovative che si prendano cura di coloro che, a causa dell'età o del temperamento, non riuscissero ad adattarsi a uno scenario economico in rapido cambiamento.

Nel passato, i progressi della tecnologia hanno sempre richiesto un miglioramento nell'istruzione. I lavoratori agricoli non avevano bisogno di saper leggere e scrivere, ma gli operai delle fabbriche sì così, una volta arrivata la rivoluzione industriale, le nazioni industrializzate dovettero istituire scuole pubbliche per l'istruzione di massa della loro popolazione.

Adesso dovrà esserci un ulteriore progresso nel campo dell'istruzione, capace di andare a braccetto con la nuova economia ad alta tecnologia.

L'istruzione nelle materie scientifiche e tecnologiche dovrà essere seguita con maggior serietà e continuata per tutta la vita, poiché i progressi avverranno troppo rapidamente perché la gente sia in grado di basarsi soltanto su quello che ha appreso a scuola in età giovanile.

Aspettate! Ho citato i tecnici robotici, ma questo è un termine generico. Susan Calvin non era un tecnico robotico; lei era, specificamente, una robopsicologa. Aveva a che fare con l'“intelligenza” robotica, con il modo di pensare dei robot.

Non ho ancora udito nessuno usare quel termine nella vita reale, ma sono convinto che verrà il momento in cui sarà usato, proprio come il termine “robotica” venne usato dopo che l'avevo inventato.

Dopotutto, i teorici dei robot stanno cercando di mettere a punto robot capaci di vedere, in grado di capire istruzioni verbali, e che sappiano dare risposte a voce.

A mano a mano che ci si aspetta, da parte dei robot, lo svolgimento di un numero sempre maggiore di compiti, e in maniera sempre più efficiente e sempre più versatile, i robot stessi ci sembreranno, naturalmente, più “intelligenti”.

In effetti, già adesso ci sono scienziati, al MIT e altrove, che stanno lavorando molto seriamente sul problema dell'“intelligenza artificiale”.

Tuttavia, anche se progettassimo e costruissimo robot in grado di compiere il loro lavoro in maniera tale da sembrare intelligenti, è assai improbabile che sarebbero intelligenti nella stessa maniera degli esseri umani.

Per prima cosa, il loro “cervello” sarebbe costituito da materiali diversi da quelli presenti nel nostro cervello.

In secondo luogo, il loro cervello sarebbe realizzato con componenti diverse, collegate insieme e organizzate in maniera diversa.

Con ogni probabilità affronteranno i problemi in maniera completamente diversa. L'intelligenza robotica potrebbe essere così diversa dall'intelligenza umana da esigere la creazione di una nuova disciplina, la “robopsicologia”, per potersene occupare.

Qui, appunto, interviene Susan Calvin. Sarà lei, e altri come lei, a trattare quello che è l'aspetto più importante della robotica, poiché, se studieremo nei particolari due tipi d'intelligenza interamente diversi, potremmo imparare a capire l'intelligenza in una maniera assai più generale e fondamentale di quanto è stato possibile fino a oggi.

Impareremo sull'intelligenza umana più di quanto sia possibile imparare basandosi solo sull'intelligenza umana.

Il robot come nemico?

Titolo originale: *The Robot as Enemy*
© 1979 American Airlines

Fu nel 1942 che inventai le Tre Leggi della Robotica e, di queste, la Prima Legge è naturalmente la più importante.

È formulata così: «Un robot non può recare danno agli esseri umani né permettere che, a causa del suo mancato intervento, gli esseri umani ricevano danno».

Nelle mie storie metto sempre in chiaro che le Leggi, specialmente la Prima Legge, sono una parte ineliminabile di tutti i robot, e che i robot non possono disobbedirle, e non lo fanno mai. Inoltre metto bene in chiaro, anche se, forse, non con lo stesso vigore, che queste leggi non sono intrinseche nei robot.

I minerali e le sostanze chimiche grezzi che costituiscono i robot non contengono già le Leggi. Le Leggi vi si trovano perché vengono deliberatamente aggiunte al progetto del cervello robotico, vale a dire ai computer che controllano e dirigono l'azione robotica.

Un robot potrebbe essere privo delle Leggi se fosse troppo semplice e rozzo per attribuirgli un modello di comportamento abbastanza complesso, oppure se i progettisti decidessero deliberatamente di non includere le Leggi nella sua personalità computerizzata.

Finora, e forse sarà così ancora per un considerevole periodo di tempo a venire, è la prima di queste alternative a dominare.

I robot sono semplicemente troppo rozzi e primitivi perché si possa prevedere che un loro atto volontario rechi danno a un essere umano, e si debba quindi regolare il loro comportamento così da evitare quell'atto. Finora esistono soltanto "leve computerizzate" incapaci di andare al di là dei limiti molto ristretti delle loro istruzioni.

Come risultato, i robot hanno già ucciso degli esseri umani, proprio come l'hanno fatto un numero enorme di macchine non computerizzate. È deplorabile ma comprensibile, e possiamo supporre che a mano a mano che i robot acquisiranno percezioni sensoriali più elaborate e la capacità di risposte più flessibili, aumenterà la probabilità d'incorporarvi fattori di sicurezza equivalenti alle Tre Leggi.

Ma la seconda alternativa? Gli esseri umani costruiranno deliberatamente robot privi delle Leggi? Temo che sia una possibilità realistica.

La gente parla già di robot addetti alla Sicurezza. Potrebbero esserci guardie robot messe a pattugliare i dintorni di un edificio o perfino i suoi corridoi. La funzione di questi robot potrebbe essere quella di intimare l'"altolà" a chiunque entri nella zona circostante o nell'edificio stesso.

C'è da presumere che le persone che vi abitano o che vi vengono invitate ricevano una tessera o un altro mezzo d'identificazione riconoscibile dal robot, il quale a questo

punto li lascerebbe passare.

Nella nostra epoca, ben consapevole dei problemi della sicurezza, questa potrebbe perfino sembrare una buona cosa. Ridurrebbe il vandalismo e il terrorismo, e sarebbe equivalente, dopo tutto, a un cane da guardia ben addestrato.

Ma la sicurezza alimenta il desiderio di maggior sicurezza.

Una volta che un robot diventasse capace di fermare un intruso, potrebbe non essere sufficiente fargli suonare un allarme. Potrebbe sembrare utile dotare i robot della capacità di espellere l'intruso, anche a costo di fargli del male, proprio come potrebbe farvene un cane se vi mordersse alla gamba o alla gola.

Cosa accadrebbe, però, se il presidente della società scoprisse di aver lasciato la propria tessera di identificazione negli altri calzoni e fosse troppo scombussolato per lasciare l'edificio con rapidità sufficiente a soddisfare il robot? O cosa accadrebbe se un bambino si avventurasse all'interno dell'edificio senza il previsto lasciapassare? Sospetto che, se il robot malmenasse la persona sbagliata, ci sarebbero rimostranze immediate per impedire il ripetersi dell'errore.

Per passare a un estremo ancora peggiore, si parla di armi robotiche: satelliti, carri armati, artiglieria, e così via, computerizzati, in grado di braccare implacabilmente il nemico, con sensi e determinazione sovrumani.

Si potrebbe argomentare che questo sarebbe un modo per risparmiare vite umane. Potremmo starcene tranquillamente a casa e lasciare che le nostre macchine intelligenti combattano per noi. Se qualcuna dovesse essere distrutta, be', sarebbe soltanto una macchina.

Questo approccio alla guerra sarebbe particolarmente utile se fossimo noi ad avere macchine del genere, e non il nemico. Ma anche così, potremmo essere sicuri che le nostre macchine siano sempre in grado di distinguere un nemico da un amico? Persino quando le armi sono controllate da mani umane e da cervelli umani, c'è il problema del "fuoco amico".

Le armi americane possono accidentalmente uccidere soldati o civili americani, e l'hanno effettivamente fatto in passato. Questo è un errore umano, ma è nondimeno difficile da accettare.

Ma cosa accadrebbe se le nostre armi robot ingaggiassero accidentalmente un "fuoco amico" e spazzassero via degli americani, o anche soltanto proprietà americane? Una cosa del genere sarebbe assai più difficile da accettare (specialmente se il nemico avesse elaborato degli stratagemmi per confondere i nostri robot e incoraggiarli a colpire noi).

No, sono fiducioso che i tentativi di usare i robot senza salvaguardie non funzioneranno, e che, alla fine si tornerà alle Tre Leggi.

Intelligenze insieme

Titolo originale: *Intelligences Together*

© 1979 American Airlines

Ne *I nostri intelligenti attrezzi* ho accennato alla possibilità che i robot possano diventare così intelligenti da riuscire alla fine a sostituirci. Ho suggerito, con un tocco di cinismo, che, visto il curriculum dell'umanità, una tale sostituzione potrebbe essere una buona cosa.

Da allora i robot sono diventati sempre più importanti nell'industria e, malgrado finora siano ancora degli idioti sulla scala dell'intelligenza, stanno progredendo rapidamente.

Forse, allora, dovremmo riesaminare la faccenda della nostra sostituzione da parte dei robot (o dei computer, che sono i veri meccanismi motori dei robot).

Il risultato, naturalmente, dipenderà da quanto diventeranno intelligenti i computer e se diventeranno talmente più intelligenti di noi da finire per considerarci niente più che animali da salotto, nel migliore dei casi, o come animali nocivi, nel peggiore.

Ciò implica che l'intelligenza sia una cosa semplice che può essere misurata con qualcosa di simile a un righello o un termometro (o un test del QI) e poi espressa con un singolo numero. Se all'essere umano medio viene attribuito il valore di 100 nella scala complessiva dell'intelligenza, allora, non appena il computer medio supererà quota 100, saremo nei guai.

Ma è poi così che funziona? Di certo ci dev'essere una considerevole varietà in una qualità così sottile come l'intelligenza; diverse varietà, per intenderci. Presumo ci voglia dell'intelligenza per scrivere un saggio coerente, scegliere le parole giuste, e disporle nell'ordine corretto. Presumo inoltre ci voglia intelligenza per studiare un congegno tecnico un po' intricato, capire come funziona e come lo si può migliorare, o come lo si può riparare se ha cessato di funzionare.

Per ciò che riguarda lo scrivere, la mia intelligenza è estremamente elevata; per quanto riguarda il "bricolage", la mia intelligenza è estremamente bassa. Bene, allora, sono un genio o un imbecille? La risposta è: nessuna delle due cose. Sono soltanto capace di fare certe cose e incapace di farne altre, e questo è vero per ciascuno di noi.

Supponete, allora, di pensare alle origini dell'intelligenza umana e alle origini dell'intelligenza dei computer.

Il cervello umano è costituito essenzialmente da proteine e acidi nucleici è il prodotto di più di tre miliardi di anni di evoluzione indovina-o-elimina, e le forze motrici del suo sviluppo sono state l'adattamento e la sopravvivenza.

I computer, d'altro canto, sono costituiti essenzialmente di metallo e di impulsi elettronici. Sono il prodotto di una quarantina d'anni di deliberata progettazione e di sviluppo umani; e la forza motrice del loro sviluppo è stata il desiderio umano di far fronte a necessità umane ben circostanziate.

Se ci sono molti aspetti e varietà di intelligenza fra gli esseri umani medesimi, non è forse certo che l'intelligenza umana e quella dei computer differiranno ampiamente, visto che hanno avuto origine e si sono sviluppate in circostanze così diverse, partendo da materiali così diversi, e sotto l'impulso di motivazioni così diverse? Sembrerebbe che i computer, perfino i modelli relativamente semplici e primitivi, siano straordinariamente bravi sotto certi aspetti.

Possiedono memorie capaci, hanno una capacità di richiamo virtualmente istantanea e infallibile, e possiedono l'abilità di eseguire un enorme numero di operazioni aritmetiche ripetitive senza stancarsi o commettere errori.

Se questo genere di cose rappresenta la misura dell'intelligenza, allora i computer sono già assai più intelligenti di noi.

Ma è proprio perché ci superano in maniera così ampia, che li usiamo in un milione di modi diversi e sappiamo che la nostra economia andrebbe allo sfascio se dovessero tutti smettere di funzionare nello stesso momento.

Ma questa capacità dei computer non rappresenta una misura dell'intelligenza.

Infatti, noi consideriamo una simile abilità di così poco valore che, per quanto sia veloce un computer e per quanto possano fare impressione le sue soluzioni, noi lo vediamo soltanto come un regolo calcolatore troppo cresciuto senza nessuna vera intelligenza.

La specialità umana sembra essere, almeno per quello che riguarda l'intelligenza, l'abilità di vedere i problemi come un tutto, di afferrare le soluzioni attraverso l'intuizione o la perspicacia; di vedere nuove combinazioni; di fare congetture straordinariamente percettive e creative.

Siamo in grado di programmare un computer perché faccia le stesse cose? Improbabile, perché non sappiamo come riusciamo a farle noi.

Sembra allora che i computer debbano migliorare sempre più nella loro varietà d'intelligenza a breve raggio, e che gli esseri umani (grazie alle accresciute conoscenze sul cervello e sul suo funzionamento e sull'emergente tecnologia dell'ingegneria genetica) possano migliorare la loro varietà d'intelligenza capace di afferrare i problemi nella loro interezza e metterli a fuoco da lontano.

Ogni varietà d'intelligenza presenta i propri vantaggi e, combinate assieme, l'intelligenza umana e quella dei computer, ciascuna riempiendo i vuoti e compensando le debolezze dell'altra, potranno progredire assai più rapidamente di quanto avrebbe potuto fare da sola l'una o l'altra.

Non sarà affatto un caso di concorrenza e di sostituzione, ma di intelligenze messe assieme, in grado di operare con maggiore efficienza di quanto potrebbe fare o l'una o l'altra da sola, nell'ambito delle leggi della natura.

I miei robot

Titolo originale: *My Robots*
© 1987 Nightfall, Inc.

Scrissi la mia prima storia di robot, *Robbie*, nel maggio 1939, quando avevo soltanto diciannove anni.

Ciò che la rendeva diversa dalle storie di robot scritte in precedenza era la mia decisione di non trasformare i robot in simboli. Non dovevano essere esempi di ambizioni umane che invadevano il dominio dell'Onnipotente. Non doveva esserci una nuova Torre di Babele che richiedesse una punizione. Né i robot dovevano simboleggiare un gruppo minoritario. Non dovevano essere creature patetiche ingiustamente perseguitate così da consentirmi dichiarazioni trite e patetiche sugli ebrei, sui neri o su qualsiasi altro membro maltrattato della società.

Com'è naturale mi sono sempre opposto con fermezza a simili maltrattamenti, e l'ho fatto capire con chiarezza in numerose storie e saggi, ma non nelle mie storie di robot.

Come li ideai, allora, i miei robot? Ne feci dei congegni di alta ingegneria. Ne feci degli strumenti. Ne feci delle macchine per servire a scopi umani. E ne feci degli oggetti dotati di sistemi di sicurezza.

In altre parole, organizzai le cose in maniera tale che un robot non potesse uccidere il suo creatore, e dopo aver messo fuorilegge quella trama strausata, fui libero di prendere in considerazione altre e più razionali conseguenze.

Quando cominciai a scrivere le mie storie di robot, nel 1939, non li associai alla computerizzazione. Il computer elettronico non era stato ancora inventato e io non lo prevedi. Previdi, però, che il cervello doveva essere elettronico, in qualche maniera.

Però "elettronico" non mi pareva abbastanza futuristico.

Il positrone, una particella subatomica esattamente uguale all'elettrone ma con carica opposta, era stato scoperto solo quattro anni prima che io scrivessi la mia prima storia di robot. Pareva davvero molto fantascientifico, così detti ai miei robot un "cervello positronico" e immaginai che i loro pensieri consistessero in fulminei flussi di positroni che acquisivano esistenza, per poi scomparire quasi subito.

Perciò le storie che scrissi vennero definite "serie dei robot positronici", ma l'uso dei positroni al posto degli elettroni non aveva nessun altro significato se non quello che ho illustrato.

Dapprima non mi preoccupai di dare un assetto sistematico alle salvaguardie che immaginavo fossero incorporate nei miei robot, o di descriverle. Sin dall'inizio, però, dal momento che non avevo nessuna intenzione di permettere che un robot potesse uccidere il suo creatore, dovetti mettere l'accento sul fatto che i robot non potevano fare del male agli esseri umani, e che questa era una funzione ben radicata nella struttura del loro cervello positronico.

Così nella primissima versione di *Robbie* data alle stampe, avevo un personaggio che si riferiva al robot dicendo: «Lui è costretto a essere fedele, amorevole e gentile. È una macchina costruita per svolgere esclusivamente questo compito».

Dopo aver scritto *Robbie*, che John Campbell jr., direttore di *Astounding Science Fiction*, respinse, proseguì con altre storie di robot, che Campbell accettò.

Il 23 dicembre 1940 andai da lui con un'idea su un robot capace di leggere il pensiero (che più tardi divenne *Bugiardo!*) e John rimase insoddisfatto della mia spiegazione del perché il robot si comportava così. Voleva che le salvaguardie venissero specificate con precisione, in modo che potessimo capire il robot.

Allora, insieme, elaborammo quelle che sarebbero diventate famose come le “Tre Leggi della Robotica”. Il concetto era mio, perché era stato ottenuto attingendo alle storie che avevo già scritto, ma la formulazione vera e propria (se ricordo bene) venne forgiata lì per lì da tutti e due.

Le Tre Leggi erano logiche e avevano senso.

Tanto per cominciare c'era il problema della sicurezza, che era stato prioritario quando avevo cominciato a scrivere le mie storie sui robot. Per di più ero consapevole del fatto che anche senza cercare di far del male in maniera attiva, si poteva tranquillamente, senza far nulla, permettere che venisse fatto del male.

Quello che avevo in mente era il cinico *The Latest Decalog* di Arthur Hugh Clough, nel quale i dieci comandamenti sono riscritti in maniera machiavellica, profondamente satirica. «Non uccidere, puoi sempre rendere impossibile la vita agli altri con l'eccesso di zelo», è quello citato con maggior frequenza.

Per questa ragione insistei perché la Prima Legge (la sicurezza) dovesse consistere di due parti e venne fuori così:

1. Un robot non può recar danno agli esseri umani, né può permettere che, a causa del suo mancato intervento, gli esseri umani ricevano danno.

Una volta che ci fummo sbarazzati di questo primo problema, dovemmo passare alla Seconda Legge (il servizio).

Com'era naturale nel dare al robot la necessità innata di eseguire degli ordini, non si poteva lasciar perdere il concetto complessivo di sicurezza.

La Seconda Legge dovette quindi essere così formulata.

2. Un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani tranne nel caso che tali ordini siano in contrasto con la Prima Legge.

E infine doveva esserci una terza legge (la prudenza).

Un robot sarebbe stato per forza di cose una macchina costosa, e non doveva essere inutilmente danneggiato o distrutto.

Questo naturalmente non doveva essere una scusa per compromettere la sicurezza o il servizio. Perciò la Terza Legge fu così formulata.

3. Un robot deve salvaguardare la propria esistenza, purché ciò non sia in contrasto con la Prima o la Seconda Legge.

Naturalmente queste leggi sono espresse in parole, il che è una imperfezione.

Nel cervello positronico ci sono potenziali positronici in conflitto, che sono espressi nel modo migliore in termini di matematica avanzata (il che è ben al di là della mia comprensione ve lo posso assicurare).

Però anche così ci sono delle evidenti ambiguità.

Cos'è che costituisce "il male", ossia il danno, per un essere umano? Un robot deve forse obbedire agli ordini impartitigli da un bambino, da un pazzo, da un essere umano malvagio? Un robot deve forse rinunciare alla propria esistenza utile e costosa per impedire un danno banale a un essere umano di poca importanza? Che cos'è banale e cos'è poco importante? Queste ambiguità non sono dei difetti per quello che riguarda uno scrittore.

Se le Tre Leggi fossero perfette e prive di ambiguità non ci sarebbe nessuno spazio per delle storie. È proprio negli angolini e nelle fessure delle ambiguità che possono risiedere le trame, fornendo una "fondazione", se potrete scusarmi la battuta, per *Robot City*.

Non formulai le Tre Leggi in modo specifico in *Bugiardo!*, che comparve nel numero di *Astounding* del maggio 1941. Però lo feci nella mia successiva storia di robot, *Circolo vizioso*, che venne pubblicata in *Astounding* nel marzo 1942.

In quel numero, alla settima riga di pagina 100, compare un personaggio che dice: «Senti, partiamo dalle Tre Leggi Fondamentali della Robotica» e poi le cita.

Questa, incidentalmente, per quello che io o chiunque altro è riuscito a stabilire rappresenta la prima apparizione stampata della parola "robotica" che, a quanto pare, fui io a inventare.

Da allora non ho mai avuto occasione, nell'arco di quarant'anni e più durante i quali ho scritto racconti e romanzi che avevano a che fare con i robot, di trovarmi costretto a modificare le Tre Leggi.

Tuttavia, col passare del tempo, e a mano a mano che i miei robot progredivano in complessità e versatilità, sentii che avrebbero dovuto arrivare a qualcosa di ancora più elevato.

Così ne *I robot e l'impero*, un romanzo pubblicato dalla Doubleday nel 1985, parlai della possibilità che un robot sufficientemente progredito potesse sentire la necessità di decidere che la protezione dell'umanità aveva la precedenza sulla protezione di un singolo individuo. Questa la definii la "Legge Zero della Robotica", ma ci sto ancora lavorando.

È probabile che l'invenzione delle Tre Leggi della Robotica sia il mio contributo più importante alla fantascienza. Sono citate in lungo e in largo fuori dal campo, e nessuna storia della robotica sarebbe completa senza farne menzione.

Nel 1985, la John Wiley and Sons pubblicò l'imponente *Manuale della robotica industriale*, curato da Shimon Y. Nof, e io, su richiesta del curatore, scrissi una introduzione riguardante le Tre Leggi.

Orbene, è dato per scontato che ogni scrittore di fantascienza crei un *corpus* di idee alle quali tutti gli altri scrittori possono attingere. Per questa ragione non ho mai obiettato se qualcun altro si basava su robot che obbedivano alle Tre Leggi. Anzi, ne ero lusingato e, per essere sinceri, i moderni robot fantascientifici possono ben

difficilmente esibirsi senza queste Leggi.

Però mi sono opposto con fermezza alla citazione delle Tre Leggi da parte di qualsiasi altro scrittore.

Date pure le Leggi per scontate, dico sempre, ma non citatele.

I concetti sono di tutti, ma le parole sono mie.

Le leggi dell'umanica

Titolo originale: *The Laws of Humanics*

© 1987 Nightfall, Inc.

I miei primi tre romanzi di robot erano, essenzialmente, dei “gialli”, con Elijah Baley nei panni del detective.

Di questi primi tre, il secondo romanzo, *Il sole nudo*, era un giallo della stanza chiusa nel senso che la persona assassinata era stata trovata senza un'arma sul luogo del delitto ma allo stesso tempo senza alcuna possibilità che un'arma fosse stata rimossa. Riuscii a tirar fuori una soluzione soddisfacente, ma non mi avventurai più in quel genere di storie.

Il mio quarto romanzo sui robot, *I robot e l'impero*, non era principalmente un giallo. Elijah Baley era morto di morte naturale ad un'età veneranda, e il libro si avvicinava all'universo della Fondazione, per cui era chiaro che le due mie serie più famose, quella dei Robot e quella della Fondazione, si sarebbero fuse in un insieme più ampio.

(No, non l'ho fatto arbitrariamente. Le necessità generate negli anni Ottanta dalla stesura dei seguiti di vicende scritte negli anni Quaranta e Cinquanta mi hanno preso la mano.)

Ne *I robot e l'impero*, il mio personaggio-robot, Giskard, al quale ero molto affezionato, cominciò a interessarsi alle “Leggi dell'Umanica” che, suggerivo, avrebbero potuto servire come base della scienza della psicostoria, la quale gioca un ruolo essenziale nella serie della Fondazione.

In senso stretto, le Leggi dell'Umanica dovrebbero essere una descrizione, in forma concisa, di come si comportano effettivamente gli esseri umani.

Naturalmente non esistono categorie così precise. Persino gli psicologi, che studiano la materia scientificamente (per lo meno spero che lo facciano) non possono presentare nessuna “legge”, ma soltanto descrivere con ricchezza di particolari quello che la gente sembra fare. E niente di ciò che affermano è assoluto.

Quando uno psicologo dice che la gente reagisce in un certo modo a uno stimolo di un certo tipo, intende dire soltanto che qualcuno lo fa in certi momenti. Altri potrebbero farlo in altri momenti, o potrebbero non farlo affatto.

Se dovremo aspettare delle leggi vere e proprie sul comportamento umano per poter fondare la psicostoria (e di certo dovremo farlo), allora suppongo che dovremo aspettare molto a lungo.

Be', e allora come faremo a individuare le Leggi dell'Umanica? Suppongo che potremo cominciare in maniera molto modesta, e più tardi edificarle a poco a poco, se ci riusciremo.

Così, ne *I robot e l'impero* è un robot, Giskard, che solleva il problema delle Leggi dell'Umanica.

Essendo un robot, deve vedere ogni cosa dal punto di vista delle Tre Leggi della Robotica, dal momento che i robot sono costretti a seguirle.

Le Tre Leggi della Robotica sono:

1. Un robot non può recar danno agli esseri umani né può permettere che, a causa del suo mancato intervento, gli esseri umani ricevano danno.
2. Un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani tranne nel caso che tali ordini siano in contrasto con la Prima Legge.
3. Un robot deve salvaguardare la propria esistenza, purché ciò non sia in contrasto con la Prima o la Seconda Legge.

Dunque, a me pare che un robot non possa fare altro che pensare che gli esseri umani debbano comportarsi in maniera tale da facilitare ai robot l'obbedienza a queste leggi.

In effetti, mi sembra che gli esseri umani dotati di senso morale dovrebbero sforzarsi di facilitare la vita ai robot.

Mi sono occupato di questa faccenda nel racconto *L'uomo bicentenario*, che venne pubblicata nel 1976. In esso facevo dire a un personaggio umano: «Se un uomo ha il diritto di dare a un robot qualsiasi ordine che non comporti un danno a un altro essere umano, allora deve avere la decenza di non impartire mai a un robot un ordine che comporti un danno a un altro robot, a meno che ciò non venga dettato dal bisogno di salvare la vita umana. Un grande potere impone grandi responsabilità, e se i robot hanno le Tre Leggi che proteggono l'uomo, vi sembra troppo chiedere agli uomini di attenersi a una o due leggi che proteggano i robot?»

Per esempio, la Prima Legge della Robotica si articola in due parti. La prima parte, «Un robot non può recar danno agli esseri umani», è assoluta e non ha bisogno di commenti. La seconda parte, «né può permettere che, a causa del suo mancato intervento, gli esseri umani ricevano danno», lascia spazio ai dubbi.

Un essere umano potrebbe essere sul punto di subire danni a causa di qualche evento che coinvolga un oggetto inanimato. Potrebbe cadergli addosso un grosso peso, oppure potrebbe scivolare ed essere sul punto di cadere in un lago, o qualunque disavventura del genere. Qui il robot deve semplicemente cercare di salvare l'essere umano, spostarlo da dove si trova aiutarlo a rialzarsi e così via.

Oppure un essere umano potrebbe essere minacciato da qualche forma di vita diversa da quella umana, un leone, per esempio, e il robot deve accorrere in sua difesa.

Ma cosa accadrebbe se un essere umano fosse minacciato dall'azione di un altro essere umano? Qui un robot deve prendere una decisione. Può salvare il primo senza far del male all'altro? Oppure, se si trovasse costretto a fare del male, quale linea di azione dovrebbe seguire per ridurlo al minimo? Sarebbe assai più facile per il robot se gli esseri umani si preoccupassero del benessere degli esseri umani, così come ci si aspetta che facciano i robot.

E, in effetti, qualsiasi codice dell'etica umana impone agli uomini di prendersi cura gli uni degli altri e di non farsi del male reciprocamente. Il che è, dopotutto, il mandato che gli esseri umani hanno dato ai robot.

Perciò la Prima Legge dell'Umanica dal punto di vista dei robot dovrebbe essere la

seguente:

1. Un essere umano non può recare danno a un altro essere umano né può permettere che, a causa del suo mancato intervento, gli esseri umani ricevano danno.

Se questa legge venisse rispettata, al robot rimarrebbe soltanto il compito di proteggere gli uomini dalle disavventure con gli oggetti inanimati e con creature non umane, cosa che non gli creerebbe nessun dilemma. Ma il robot dovrà pur sempre proteggere un essere umano dal male che un altro essere umano potrebbe fargli senza volerlo.

Dovrebbe anche essere pronto ad accorrere in aiuto di un essere umano minacciato, se un altro essere umano presente non fosse in grado di arrivare sulla scena dell'azione abbastanza rapidamente.

Ma, d'altronde, persino un robot potrebbe senza volerlo far del male a un essere umano, e persino un robot potrebbe non essere abbastanza veloce per arrivare in tempo sulla scena dell'azione, o abbastanza abile da intraprendere l'azione necessaria.

Niente è perfetto.

Questo ci porta alla Seconda Legge della Robotica, che obbliga un robot a obbedire agli ordini che gli vengono impartiti dagli esseri umani, fuorché quando gli ordini entrano in conflitto con la Prima Legge. Ciò significa che gli esseri umani possono dare ai robot qualsiasi ordine, senza limiti, fintanto che ciò non comporti danno per gli esseri umani.

Ma l'essere umano potrebbe ordinare al robot di fare qualcosa di impossibile, o dargli un ordine che potrebbe comportare per il robot un dilemma capace di danneggiare il suo cervello.

Per esempio, nel mio racconto *Bugiardo!*, pubblicato nel 1940, c'era un uomo che poneva deliberatamente un robot davanti a un dilemma, al punto che il suo cervello bruciava e cessava di funzionare.

Potremmo persino immaginare che a mano a mano che un robot diventerà più intelligente e consapevole, il suo cervello potrebbe diventare abbastanza sensibile da subire danni se fosse costretto a fare qualcosa di inutilmente imbarazzante o poco dignitoso.

Di conseguenza, la Seconda Legge dell'Umanica dovrebbe essere:

2. Un essere umano deve impartire ai robot ordini che non turbino la loro esistenza robotica, a meno che tali ordini non causino danno o dolore ad altri esseri umani.

La Terza Legge della Robotica è concepita per proteggere il robot, ma dal punto di vista del robot è evidente che ha qualche carenza. Il robot deve sacrificare la propria esistenza, se la Prima e la Seconda Legge lo rendono necessario.

Per quello che riguarda la Prima Legge, non ci possono essere discussioni.

Un robot deve rinunciare alla propria esistenza se quello è il solo modo in cui può evitare di far del male a un essere umano o impedire che venga fatto del male a un essere umano.

Se ammettiamo l'innata superiorità di qualsiasi essere umano rispetto a qualsiasi robot (il che, a dire il vero, mi trova un po' riluttante), allora questo è inevitabile.

D'altro canto, deve un robot rinunciare alla propria esistenza soltanto per obbedire a un ordine che potrebbe essere banale, o perfino criminoso? In *L'uomo bicentenario*, ci sono alcuni teppisti che ordinano a un robot di smontarsi, per divertirsi a osservare le sue reazioni.

La Terza Legge dell'Umanica dovrà perciò essere così formulata:

3. Un essere umano non deve recar danno a un robot, né permettere che, a causa del suo mancato intervento, i robot subiscano danni, a meno che tali danni siano necessari per impedire che venga recato danno a un essere umano, o per permettere che un ordine vitale venga eseguito.

Naturalmente non possiamo imporre queste leggi, così come possiamo fare con le leggi robotiche. Non possiamo progettare i cervelli umani così come progettiamo i cervelli dei robot.

Comunque è un inizio, e penso sinceramente che, se vorremo esercitare un potere su dei robot intelligenti, dovremo sentire una corrispondente responsabilità nei loro confronti, come dice il personaggio umano nel racconto *L'uomo bicentenario*.

Organismo cibernetico

Titolo originale: *Cybernetic Organism*
© 1987 Nightfall, Inc.

Un robot è un robot e un organismo è un organismo.

Un organismo, come tutti sappiamo, è costituito da cellule.

Dal punto di vista molecolare, le sue molecole-chiave sono acidi nucleici e proteine, che galleggiano in un mezzo acquoso, e tutto l'insieme ha un sistema di sostegno osseo.

E inutile proseguire con la descrizione, dal momento che a tutti sono familiari gli organismi e dal momento che ne siamo noi stessi un esempio.

Un robot, d'altro canto (come viene di solito raffigurato nella fantascienza), è un oggetto che assomiglia più o meno a un essere umano, costruito in robusto metallo resistente alla ruggine.

Gli scrittori di fantascienza sono in genere assai parchi nel descrivere i particolari robotici, dal momento che il racconto non lo richiede... e che loro stessi non saprebbero cosa dire.

Però, l'impressione generale che si ricava dalle storie è che un robot sia fatto di circuiti elettrici, essendo quindi dotato di fili elettrici attraverso i quali scorre la corrente, piuttosto che di tubi attraverso i quali scorre il sangue.

La fonte di energia rimane innominata, oppure si presume che abbia a che fare con l'energia nucleare.

Quando scrissi le mie prime storie di robot nel 1939 e nel 1940, immaginai un "cervello positronico" fabbricato in una lega spugnosa di platino-iridio.

Scelsi platino e iridio perché sono metalli particolarmente inerti, che hanno scarsa probabilità di subire mutamenti chimici.

E la lega era spugnosa per offrire una superficie enorme su cui gli schemi elettronici potessero formarsi e cancellarsi.

Era "positronico" perché quattro anni prima era stato scoperto il positrone, una specie di elettrone di segno opposto, cosicché "positronico" invece che "elettronico" aveva un delizioso suono fantascientifico.

Oggigiorno, naturalmente, il mio cervello positronico di platino-iridio è irreparabilmente arcaico.

Era sorpassato già dieci anni dopo la sua invenzione.

Alla fine degli anni Quaranta ci rendemmo conto che un cervello robotico doveva essere una specie di computer.

Anzi, un robot complesso come quelli dei miei più recenti romanzi doveva possedere un cervello-computer complesso quanto il cervello umano.

Doveva essere costituito da minuscoli microchip non più grandi delle cellule

cerebrali e altrettanto complessi.

Ma adesso cerchiamo di immaginare qualcosa che non sia né un organismo né un robot, ma una combinazione dei due.

Forse potremmo raffigurarcelo come un organismo-robot o “orbot”.

Sarebbe evidentemente una denominazione un po’ povera: nient’altro che la parola “robot” con le prime due lettere spostate.

Se invece dicessimo “orgabot”, ci troveremmo incastrati con una parola piuttosto brutta.

Potremmo chiamarlo un robot-organismo, o “robotanismo” che, ancora una volta, è una bruttura, oppure “roborg”.

Ai miei orecchi, “roborg” non suona poi tanto male, ma non possiamo appropriarcene.

E spuntato qualcos’altro.

Alla scienza dei computer è stato dato il nome di “cibernetica” da parte di Norbert Wiener, una generazione or sono per cui, se consideriamo qualcosa che è in parte robot e in parte organismo e ricordiamo che un robot è di natura cibernetica, possiamo figurarci questa mescolanza come un “organismo cibernetico”, o un “cyborg”.

Infatti è questo il nome che ha fatto presa e viene usato.

Per vedere quello che un cyborg potrebbe essere, cerchiamo di partire da un organismo umano e di procedere verso un robot; e una volta arrivati alla fine del viaggio, partiremo con un robot e procederemo verso un essere umano.

Per andare da un organismo umano verso un robot, dobbiamo cominciare a sostituire parti dell’organismo umano con parti robotiche.

Per certi aspetti lo facciamo già oggi.

Adesso, per esempio, una buona percentuale del materiale originario dei miei denti è metallico, e, naturalmente, il metallo è la sostanza robotica per eccellenza.

Certo, i pezzi di ricambio non devono essere per forza metallici.

Una parte dei miei denti è di ceramica, una sostanza che è indistinguibile dalla dentina naturale.

Però, malgrado la dentina abbia l’aspetto della ceramica e, entro certi limiti, le assomigli persino come struttura chimica in origine è stata formata da materiale vivente e reca il marchio della propria origine.

La ceramica che ha sostituito la dentina non mostra nessuna traccia di vita, né adesso né mai.

Possiamo spingerci oltre.

Il mio sterno, che pochi anni or sono è stato spezzato nel corso di un’operazione, adesso è tenuto insieme da punti metallici.

Mia cognata ha un sostituto artificiale dell’articolazione coxofemorale.

C’è gente che ha braccia o gambe artificiali e, con il passare del tempo, questi arti non-viventi vengono progettati

così da essere sempre più complessi e utili.

C’è gente che è vissuta per mesi e persino per anni con un cuore artificiale, e molta gente conduce una vita normale con i pacemaker.

Possiamo immaginare che, a poco a poco, altre parti del corpo umano verranno sostituite con materiale inorganico e congegni meccanici.

C'è qualche parte che potrà essere difficile da sostituire, anche nella finzione narrativa? Non credo che esistano dubbi.

Sostituendo ogni singola parte dell'essere umano... gli arti, il cuore, il fegato, lo scheletro, e così via, il prodotto rimarrebbe umano.

Sarebbe un essere umano con parti artificiali, ma sarebbe un essere umano.

Ma il cervello? Di certo, se c'è un organo che ci rende umani, è il cervello.

Se c'è un elemento che ci rende singoli e irripetibili esseri umani, è il complesso apparato che comprende le emozioni, le nozioni e il contenuto mnemonico del nostro particolare cervello.

Non si può semplicemente sostituire il cervello con un congegno pensante preso dallo scaffale di qualche fabbrica.

Dovete metterci dentro qualcosa che incorpori tutto ciò che ha appreso un cervello naturale, che possieda tutta la sua memoria, e che mimi il suo esatto modello di elaborazione.

Una gamba artificiale potrebbe non funzionare esattamente come quelle naturali, ma servirebbe comunque allo scopo.

Lo stesso vale per Un polmone, un rene, o un fegato artificiali.

Un cervello artificiale, però, dovrebbe essere la replica precisa del cervello che è destinato a sostituire, altrimenti l'essere umano in questione non sarebbe più lo stesso essere umano.

E il cervello, allora, a costituire la linea di divisione nel passaggio da un organismo umano a quello robotico.

E il contrario? In L'uomo bicentenario, descrissi il passaggio del mio eroe-robot, Andrew Martin, da robot a uomo.

A poco a poco il personaggio sceglie di cambiare, fino a quando ogni sua parte visibile è in apparenza umana.

Dimostra un'intelligenza sempre più simile (o addirittura superiore) a quella di un uomo.

E un artista, uno storico, uno scienziato, un amministratore.

Strappa l'approvazione di una legge che garantisce i diritti robotici, e ottiene rispetto e ammirazione al massimo grado.

Eppure in nessun momento riesce a farsi accettare come uomo.

Anche qui la pastoia è costituita dal suo cervello robotico.

Andrew scopre di dover affrontare questo problema perché l'ultimo ostacolo venga superato.

Perciò, si arriva alla dicotomia corpo-cervello.

Gli autentici cyborg sono quelli nei quali il corpo e il cervello sono separati.

Ciò significa che possiamo avere due classi di cyborg completi:

A) un cervello robotico in un corpo umano, oppure B) un cervello umano in un corpo robotico.

Diamo per scontato che nel giudicare il valore di un essere umano (o di un robot, se è per questo), noi giudichiamo dapprima dalle apparenze.

Posso facilmente immaginare un uomo che vede una donna di bellezza superlativa e la contempla sentendosene soggiogato e meravigliato. «Che splendida donna» dirà, o

penserà, e potrebbe anche innamorarsi di lei.

Credo che nei romanzi questo accada d'abitudine.

E, naturalmente, una donna, vedendo un uomo di una bellezza superlativa, reagirà di sicuro nella stessa maniera.

Se vi innamorate di una bellezza sconvolgente, è improbabile che passiate molto tempo a chiedervi se lei (o lui, naturalmente) abbia cervello, o un buon carattere, o una buona capacità di giudizio o gentilezza, o calore.

Se alla fine scoprirete che il bell'aspetto è la sola qualità di quella persona, è probabile che inventerete delle scuse e continuerete a farvi guidare, almeno per un po', dai riflessi condizionati della reazione erotica.

Alla fine, naturalmente, vi stancherete della bellezza fine a se stessa, ma chi può sapere quanto tempo vi ci vorrà? D'altro canto, una persona con un gran numero di buone qualità che, vedi caso, fosse poco attraente, potrebbe non coinvolgervi per nulla, a meno che non siate abbastanza intelligenti da vedere quelle buone qualità e assicurarvi così una vita felice.

Quello che intendo dire è che un cyborg con un cervello robotico in un corpo umano verrà accettato dalla maggior parte della gente, se non da tutti, come un essere umano; mentre un cyborg con un cervello umano in un corpo robotico verrà accettato dalla maggior parte della gente, se non da tutti, come un robot.

Dopotutto noi siamo, per la maggior parte della gente, quello che sembriamo.

Ecco perché questi due cyborg, diametralmente opposti, non potranno agli esseri umani problemi analoghi.

- Pensate al cervello robotico nel corpo umano e chiedetevi perché mai dovrebbe essere effettuato il trasferimento.

Un cervello robotico sta assai meglio in un corpo robotico, dal momento che un corpo umano è di gran lunga più fragile.

Potreste avere un corpo umano giovane e robusto nel quale il cervello è stato danneggiato da un incidente o da una malattia, e potreste pensare: «Che spreco questo magnifico corpo umano! Mettiamoci dentro un cervello robotico, così che possa vivere la sua vita».

Ma l'essere umano che ne risulterebbe non sarebbe l'originale.

Sarebbe un individuo diverso.

Non verrebbe salvata la sua personalità, ma soltanto un corpo privo di cervello.

E un corpo umano, per quanto bello, senza l'intelletto è ben poca cosa.

Ogni giorno mezzo milione di nuovi corpi cominciano a esistere.

Non ha senso salvarne uno se il cervello è andato.

D'altro canto, cosa ne sarebbe di un cervello umano in un corpo robotico? Un cervello umano non dura per sempre, ma può durare fino a novant'anni mantenendo la sua utilità.

Non è affatto raro trovare un novantenne ancora vispo e capace di pensieri razionali e interessanti.

Eppure sappiamo anche che molti cervelli superlativi sono svaniti dopo venti o trent'anni perché il corpo che li ospitava (inutile in assenza della mente) era diventato inabile a causa di incidenti o malattie.

Quindi esistono valide motivazioni per trasferire un cervello perfettamente funzionante (persino superiore) in un corpo robotico: per offrirgli qualche altro decennio di vita utile.

Così, quando diciamo “cyborg” molto probabilmente pensiamo, quasi esclusivamente, a un cervello umano in un corpo robotico...
e finiremo per considerarlo un robot.

Potremmo argomentare che un cervello umano è una mente umana, e che è la mente che conta e non il meccanismo di sostegno che la circonda, e avremmo ragione.

Sono sicuro che qualsiasi tribunale consapevole deciderebbe che un cyborg con un cervello umano ha tutti i diritti legali di un uomo.

Potrebbe votare, non potrebbe essere schiavo di nessuno, e così via.

Però, supponete che la natura di un cyborg venga messa in dubbio: «Lei deve dimostrare di avere un cervello umano e non robotico, prima che le siano riconosciuti diritti umani».

Per un cyborg, il modo più facile per dimostrarlo sarebbe far vedere a tutti che non è condizionato dalle Tre Leggi della Robotica.

Dal momento che le Tre Leggi impongono un comportamento socialmente accettabile, ciò significa che il cyborg deve dimostrare di essere capace di un comportamento umano (cioè cattivo).

L'argomento più semplice e più incontestabile è semplicemente mettere al tappeto lo sfidante, magari spaccandogli la faccia, dal momento che nessun robot ne sarebbe in grado. (In effetti, nella mia storia La prova, comparsa nel 1947, lo usavo come un modo per dimostrare che qualcuno non era un robot, ma in quel caso c'era un trucco.) Ma se un cyborg deve continuamente mostrarsi violento per dimostrare di avere un cervello umano, questo non gli procurerà certo molti amici.

Oltretutto, anche se venisse accettato come un essere umano, potesse votare, riservare una camera d'albergo e fare tutte le altre cose che gli esseri umani possono fare, ci dovrebbero comunque essere alcune norme per distinguerlo da una persona comune.

Il cyborg sarebbe più forte di un uomo, e i suoi pugni metallici potrebbero essere considerati armi letali.

Gli si potrebbe proibire di colpire un uomo, anche per autodifesa.

Non potrebbe impegnarsi in nessuno sport sulla stessa base degli uomini normali, e così via.

Ah, ma c'è forse bisogno che il cervello venga ospitato nel corpo metallico di un robot? E se venisse ospitato in un corpo fatto di ceramica e di plastica e di fibre, così da apparire simile a un corpo umano, e per giunta avesse un cervello umano? Be', sospetto che il cyborg continuerebbe ad avere i suoi guai.

Sarebbe sempre diverso.

Non importa quanto piccola sia la differenza, la gente vi si aggrapperà.

Sappiamo che gli individui che hanno un cervello umano e un corpo completamente umano talvolta si odiano a causa di una lieve differenza nella pigmentazione della pelle, oppure di una lieve variazione nella forma del naso, degli occhi, delle labbra, o dei capelli.

Persino gli uomini che non hanno alcuna differenza fisica che possa diventare

motivo di odio, a volte vengono ai ferri corti in faccende niente affatto fisiche, ma culturali... differenze di religione, idea politica, luogo di nascita, lingua, o anche soltanto per l'accento di una lingua.

Guardiamo in faccia la realtà.

I cyborg avranno i loro guai in ogni caso.

Il senso dell'umorismo

Titolo originale: *The Sense of Humor*

© 1988 Nightfall, Inc.

Un robot proverà mai il desiderio di essere un uomo? Potreste rispondere a questa domanda con una controdomanda.

Una Chevrolet proverà mai il desiderio di essere una Cadillac? La controdomanda contiene l'implicita affermazione che una macchina non ha desideri.

Ma il punto è proprio questo: un robot non è esattamente una macchina, per lo meno non in termini di potenzialità.

Un robot è una macchina che viene costruita per essere il più possibile simile a un uomo, e da qualche parte ci dev'essere una linea di confine che potrebbe, prima o poi, essere attraversata.

Possiamo applicare questa idea alla vita.

Un lombrico non desidera essere un serpente; un ippopotamo non desidera essere un elefante.

Non abbiamo nessuna ragione di pensare che queste creature siano consapevoli del proprio stato e sognino qualcosa di più di ciò che sono.

Gli scimpanzè e i gorilla sono consapevoli, ma non abbiamo nessuna ragione per pensare che desiderino diventare umani.

Però gli uomini sognano l'aldilà e desiderano diventare angeli.

Da qualche parte la vita ha attraversato una linea di confine.

A un certo punto è nata una specie che non soltanto era consapevole della propria esistenza, ma aveva la capacità di essere insoddisfatta di se stessa.

Un giorno, forse, una analoga linea di confine verrà attraversata nella costruzione dei robot.

Ma se diamo per scontato che un giorno un robot possa aspirare all'umanità, in quale maniera vi aspirerebbe? Potrebbe aspirare al possesso della posizione giuridica e sociale di cui gli esseri umani godono fin dalla nascita.

E stato questo il tema della mia storia L'uomo

bicentenario, e per avere questo riconoscimento il mio eroe robotico si dimostrava disposto a perdere tutte le sue qualità, a una a una, rinunciando perfino alla sua immortalità.

Però quella storia era più filosofica che realistica.

Cos'ha mai, un essere umano, che possa suscitare sul serio l'invidia di un robot? Quale caratteristica fisica o mentale? Nessun robot di buonsenso potrebbe mai invidiare la fragilità umana, o l'incapacità umana di sopportare modesti cambiamenti dell'ambiente, o il bisogno umano di dormire, o l'attitudine a commettere errori banali, o la tendenza alle malattie infettive e degenerative, oppure la stupidità causata da illogiche tempeste di emozioni.

Potrebbe più giustamente provare invidia per la capacità di provare amicizia e amore per la curiosità senza confini dell'uomo, per la sua brama di esperienze.

Qui però farei un'ipotesi: un robot che desiderasse diventare umano scoprirebbe probabilmente che il tratto umano più ambito, e più frustrante, è il senso dell'umorismo.

Il senso dell'umorismo non è affatto universale fra gli esseri umani, anche se appartiene a tutte le culture.

Ho conosciuto molte persone che non ridevano, ma vi guardavano perplesse o forse sdegnate, se cercavate di fare qualche battuta divertente.

Basta ricordare mio padre, che d'abitudine accoglieva con una scrollata di spalle i miei frizzi più ingegnosi, giudicandoli indegni dell'attenzione di un uomo serio. (Per fortuna mia madre rideva a tutte le mie barzellette, e nella maniera più disinibita che si possa immaginare, altrimenti sarei potuto crescere emotivamente disturbato.) Però la cosa più bizzarra circa il senso dell'umorismo è che, da quanto ho avuto modo di osservare, nessun essere umano è disposto ad ammettere di esserne privo.

La gente ammette di odiare i cani e di non amare i bambini, può ammettere allegramente di dire un sacco di bugie quando compila la dichiarazione dei redditi, e di fare la stessa cosa con il proprio coniuge, come se fosse un diritto incontestabile, e può persino non fare obiezioni se viene considerata inumana o disonesta, grazie al semplice espediente di cambiare questi due aggettivi in "realistica" o "pratica".

Però, provate ad accusarli di essere privi del senso dell'umorismo, e lo negheranno con decisione, non importa quanto apertamente o quanto spesso ne mostrino la mancanza.

Mio padre, per esempio, ha sempre sostenuto di possedere un acuto senso dell'umorismo, e che lo avrebbe dimostrato non appena avesse ascoltato una barzelletta per la quale valesse la pena di ridere (anche se, stando alla mia esperienza, non lo fece mai).

Perché mai la gente ha da ridire quando la si accusa di mancanza di umorismo? La mia teoria è che tutti riconoscono (subliminalmente, se non a livello conscio) che il senso dell'umorismo è un segno distintivo dell'umanità, molto di più di qualsiasi altra caratteristica, e rifiutino di essere retrocessi al rango di subumani.

Soltanto una volta ho affrontato la questione del senso dell'umorismo in una storia di fantascienza, nel racconto *Il barzellettiere*, che comparve per la prima volta nel numero di dicembre del 1956 di *Infinity Science Fiction*, e che è stata recentemente ristampata nella raccolta *The Best Science Fiction of Isaac Asimov* (Doubleday, 1986).

Il protagonista della storia passava il tempo a raccontare barzellette a un computer (ne ho citate sei nel corso della storia).

Un computer, ovviamente, è un robot immobile o, il che è lo stesso, un robot è un computer mobile.

Così, la storia tratta di robot e di barzellette.

Sfortunatamente, nella vicenda il problema di cui veniva cercata la soluzione non era la natura dell'umorismo, ma l'origine delle barzellette.

E c'era anche una risposta, ma dovrete andarvi a leggere la storia per saperla.

Però io non scrivo soltanto fantascienza.

Scrivo qualsiasi cosa la mia impegnatissima testolina abbia voglia di scrivere, e (grazie a qualche immeritato colpo di fortuna) i miei diversi editori hanno la bislacca impressione che sia illegale non pubblicare qualsiasi-manoscritto io consegno nelle loro mani. (Potete star certi che non controbatto mai questa loro ridicola idea.) Così, quando decisi di scrivere un libro di barzellette, lo feci, e Houghton-Mifflin lo pubblicò nel 1971 con il titolo *Isaac Asimov's Treasury of Humour*.

In quel libro raccolsi 640 barzellette che appartenevano al mio repertorio.

Ne ho anche a sufficienza per un seguito, che dovrebbe essere intitolato Asimov ride ancora, ma sembra che non riesca a trovare il tempo per scriverlo, non importa quanto io rimanga seduto alla tastiera, e con quanta rapidità batta i tasti.

Ho sparso qua e là queste barzellette insieme alle mie teorie riguardo a ciò che è divertente, e a come si può far diventare ancor più divertente quello che già lo è.

Intendiamoci, ci sono tante teorie sull'umorismo quante sono le persone che scrivono sull'argomento, e non esistono due teorie uguali.

Alcune sono, naturalmente, assai più stupide di altre, e non ho provato assolutamente nessun imbarazzo nell'aggiungere le mie riflessioni sull'argomento alla montagna di opinioni già esistenti.

E mia sensazione, per dirla in breve, che l'unico elemento indispensabile in una barzelletta di successo sia un'improvvisa alterazione del punto di vista.

Più è radicale l'alterazione, più è repentina, più rapidamente viene colta, più sonora è la risata e maggiore è il divertimento.

Permettetemi di darvi un esempio con una delle poche barzellette che ho inventato io stesso:

Jim entra in un bar e trova il suo migliore amico, Bill, seduto a un tavolo d'angolo che centellina un bicchiere di birra con espressione assorta.

— Cosa ti succede, Bill?— chiede Jim, in tono comprensivo, sedendosi al tavolo.

— Ieri mia moglie è scappata con il mio miglior amico— risponde Bill con un sospiro.

— Ma cosa dici, Bill? Sono io il tuo miglior amico— ribatte Jim, scioccato.

Al che Bill risponde, tranquillo:— Non più.

Confido che vi siate accorti del cambiamento del punto di vista.

La supposizione naturale è che il povero Bill sia sprofondato nella tetraggine per una tragica perdita.

E soltanto con le due ultime parole che vi rendete conto, all'improvviso, che Bill in realtà è felicissimo.

E il maschio umano medio è ambivalente quel che basta, circa la propria moglie (per quanto bene le voglia), da accogliere divertito questo particolare cambiamento di punto di vista.

Ora, se un robot viene progettato per avere un cervello che reagisce soltanto alla logica (e a cosa potrebbe servire qualsiasi altro tipo di cervello robotico, agli esseri umani che sperano di utilizzare i robot per i propri scopi?), ben difficilmente potrebbe apprezzare un improvviso cambiamento del punto di vista.

Implicherebbe che le leggi della logica sono innanzitutto sbagliate, oppure dotate di una flessibilità che ovviamente lui non condivide.

Inoltre, sarebbe pericoloso incorporare l'ambivalenza nel cervello di un robot.

Ciò che vogliamo da lui è la capacità di decidere, non l'essere-o-non-essere di Amleto.

Immaginate allora di raccontare a un robot la barzelletta che vi ho appena proposto, e immaginate che alla fine il robot vi fissi con solennità e vi interroghi nella maniera seguente.

Robot:— Ma perché mai Jim non è più il miglior amico di Bill? Non hai descritto niente, fatto da Jim, che potesse indurre Bill a essere incollerito con lui o deluso da lui.

Voi:— Be', no, non è che Jim abbia fatto niente.

E che qualcun altro ha fatto per Bill qualcosa di tanto apprezzabile da scavalcare Jim, diventando così, all'istante, il nuovo e miglior amico di Bill.

Robot:— Ma chi l'ha fatto?

Voi:— L'uomo che è scappato con la moglie di Bill, naturalmente.

Robot (dopo una pausa di riflessione):— Ma non può essere. Bill doveva provare un profondo affetto per sua moglie e una grande tristezza per averla persa. Non è forse questo ciò che provano i maschi umani per le loro mogli, e non è così che reagiscono alla loro perdita?

Voi:— Sì, in teoria. Però a quanto pare Bill aveva una forte avversione per sua moglie ed è contento che qualcuno sia scappato con lei.

Robot (dopo un'altra pausa di riflessione):— Ma tu non avevi detto che le cose stavano così.

Voi:— No, certo. E questo che lo rende divertente. Ti ho condotto in una direzione e poi, d'un tratto, ti ho fatto sapere che era la direzione sbagliata.

Robot:— E divertente fuorviare una persona?

Voi (rinunciando):— Be', continuiamo a costruire questa casa.

In effetti, alcune storielle puntano davvero tutto sulle reazioni illogiche degli esseri umani.

Considerate questa:

Un impenitente scommettitore indugia un momento prima di affacciarsi al botteghino delle corse di cavalli, e innalza una fervida preghiera per propiziarsi il Signore.

— Dio benedetto— mormora con una sincerità capace di smuovere le montagne.— So che Tu non approvi che io giochi d'azzardo, ma soltanto per questa volta, Signore, soltanto per questa volta, per favore, fammi almeno andare alla pari. Ho tanto bisogno di quei soldi.

Se foste così matti da raccontare questa barzelletta a un robot, lui chiederebbe immediatamente:— Ma andare alla pari significa che lascerebbe le corse precisamente con la stessa somma di denaro che aveva quando è arrivato.

— Non è così?

— Sì, è così.

— Allora, se ha tanto bisogno di quei soldi, quell'uomo deve soltanto fare a meno di scommettere, e sarebbe come se fosse andato alla pari.

— Sì, ma lui è spinto da un irragionevole bisogno di scommettere.

— Vuoi dire, anche se perde?

— Ma non ha senso.

— Ma il centro della barzelletta è che lo scommettitore non lo capisce.

— Vuoi dire che è divertente pensare che a una persona manca qualsiasi senso della logica e che non possiede neppure la più semplice capacità di comprendere? E cosa vi rimane da fare, se non rimettervi a costruire la casa? Ma, ditemi, è poi così tanto diverso avere a che fare con un essere umano completamente privo di senso dell'umorismo? Una volta raccontai a mio padre questa barzelletta:

La signora Jones, la padrona di una pensione, si sveglia nel mezzo della notte perché sente degli strani rumori fuori dalla porta.

Guarda fuori, e vede il signor Robinson, uno dei suoi pensionanti, che spinge su per le scale un cavallo tutto spaventato.

— Cosa sta facendo, signor Robinson?— strilla la donna.

— Metto il cavallo nel bagno— risponde l'altro.

— Per l'amor del cielo, perché? — Be', il vecchio Higginbotham è così saccente che qualsiasi cosa gli dico, risponde: "Lo so, lo so", con un insopportabile senso di superiorità. Be', domattina andrà al bagno e uscirà gridando: "Gente, non immaginerete mai cosa c'è nel bagno!" E io sbadiglierò e dirò: "Lo so, lo so, c'è un cavallo."

E quale fu la reazione di mio padre?

— Isaac, Isaac. Sei un ragazzo di città, tu certe cose non le capisci. Non puoi spingere un cavallo su per le scale, se non vuole andarci.

Personalmente, ritenni la risposta più divertente della barzelletta.

Comunque non vedo perché noi dovremmo voler un robot dotato di senso dell'umorismo, ma il punto è che potrebbe volerlo il robot... e come faremmo a darglielo?

Rapporti fra robot

Titolo originale: *Robots in Combination*

© 1988 Nightfall, Inc.

Oramai è quasi mezzo secolo che continuo a inventare storie di robot.

Durante tutto questo periodo ho eseguito ogni possibile variazione sul tema.

Intendiamoci, non è mai stata mia intenzione creare una enciclopedia sui robot e tutte le loro sfumature; e non era neppure mia intenzione continuare a scrivervi sopra per mezzo secolo.

Ma mi è capitato di sopravvivere per tutto questo tempo, conservando vivo il mio interesse per il concetto.

Ed è anche capitato che, nel tentativo di scovare sempre nuove idee per storie che coinvolgessero i robot, io abbia finito per pensare quasi a tutto.

Per esempio, nel sesto volume della serie Robot City, compaiono i “chemfet”, che vengono introdotti nel corpo dell’eroe per replicargli e offrirgli, alla fine, il controllo psicoelettronico diretto sul computer centrale, e perciò su tutti i robot di Robot City.

Bene, nel mio libro *L’orlo della fondazione* (Doubleday, 1982), il mio eroe, Golan Trevize, prima di decollare su un’astronave, prende contatto con un computer progredito appoggiando le mani su un punto della scrivania davanti a sé.

«E mentre lui e il computer si tenevano per mano, i loro pensieri si fusero...

«... vide la stanza con completa chiarezza, non soltanto nella direzione verso la quale stava guardando, ma tutt’intorno e in alto e in basso.

«Vide ogni cabina dell’astronave, e vide anche l’esterno. Il sole si era levato... e lui poteva guardarlo direttamente senza essere abbagliato...

«Sentì il vento lieve e la sua temperatura, e i rumori del mondo tutt’intorno. Percepì il campo magnetico del pianeta e le minuscole cariche elettriche sulla paratia della nave.

«Divenne conscio dei comandi della nave... Sapeva... che se voleva far alzare in volo la nave, o farla girare, o accelerare, o utilizzare qualunque sua capacità, il procedimento era uguale a quello che avrebbe seguito per realizzare un procedimento analogo con il proprio corpo. Non doveva far altro che usare la sua volontà».

Quello era il meglio a cui potevo arrivare per descrivere il risultato di un’interfaccia mente-computer, e adesso, in rapporto con questo nuovo libro, non posso fare a meno di rifletterci ulteriormente.

La prima volta che gli esseri umani impararono come formare un’interfaccia fra la mente umana e un altro genere di intelligenza, immagino fu quando domarono il cavallo imparando a utilizzarlo come forma di trasporto.

L’optimum fu raggiunto quando gli esseri umani montarono in groppa ai cavalli, e quando riuscirono, con una strappata di redini, il tocco di uno sperone, la pressione dei ginocchi, o soltanto un grido, a far reagire il cavallo in sintonia con la loro volontà.

Non c'è da stupirsi se i greci primitivi, vedendo i cavalieri che invadevano le relativamente ampie pianure della Tessaglia (la parte della Grecia più adatta all'equitazione), credettero di vedere un unico animale, con il tronco umano e il corpo di cavallo.

Fu così che nacque la leggenda dei centauri.

E poi ci sono i maghi del volante, gli stuntmen che riescono a far fare di tutto a un'automobile.

E probabile che un indigeno della Nuova Guinea, che non avesse mai visto prima un'automobile, e non ne avesse neppure sentito parlare, vedrebbe un organismo strano e mostruoso che contiene, come parte intrinseca della sua struttura, un corpo di aspetto umano all'interno del suo stomaco.

Ma un essere umano più un cavallo è soltanto una fusione imperfetta dell'intelligenza, e un essere umano più un'automobile è soltanto un'estensione dei muscoli umani tramite collegamenti meccanici.

Un cavallo può rifiutarsi di obbedire agli ordini, o perfino darsi alla fuga in preda a un panico incontrollabile.

E un'automobile può guastarsi, o slittare, nel momento meno opportuno.

La fusione dell'uomo con il computer, però, sarebbe molto più vicina all'ideale.

Potrebbe essere un'estensione della mente stessa, come ho cercato di rendere evidente in *L'orlo della fondazione*, una moltiplicazione e intensificazione della percezione sensoriale, un incredibile ampliamento della volontà.

In queste circostanze, la fusione non potrebbe forse rappresentare, nel vero senso della parola, un singolo organismo, una specie di "centauro" cibernetico? E una volta che una simile unione fosse stata stabilita, la frazione umana vorrebbe forse romperla? Non sentirebbe, forse, una tale rottura come una perdita insopportabile, scoprendosi incapace di vivere con l'impoverimento della mente e della volontà che a quel punto si troverebbe costretta ad affrontare? Nel mio romanzo, Golan Trevize poteva staccarsi dal computer di propria volontà, senza subire nessun effetto nocivo...

Ma, forse, questo non è realistico.

Un altro problema che compare di tanto in tanto nella serie Robot City, riguarda l'interazione fra robot e robot.

Questa non ha giocato un ruolo significativo nella maggior parte delle mie storie semplicemente perché di solito c'era un unico personaggio robot di una certa importanza, e io mi occupavo soprattutto dell'interazione fra quell'unico robot e diversi esseri umani.

Pensiamo ai rapporti fra i robot.

La Prima Legge dichiara che un robot non può recare danno agli esseri umani, né può permettere che, a causa del suo mancato intervento, gli esseri umani ricevano danno.

Ma supponete che siano coinvolti due robot, e che uno di essi inavvertitamente, o per mancanza di cognizione, o per circostanze speciali, sia impegnato in un'azione (a sua insaputa) destinata chiaramente a danneggiare un essere umano, e supponete che il secondo robot, dotato di maggiore cognizione o intuizione, ne sia consapevole.

La Prima Legge non gli imporrebbe forse di impedire al primo robot di causare il danno? Se non ci fosse nessun altro modo, la Prima Legge non gli imporrebbe forse di

distruggere il primo robot senza esitazioni o rincrescimento? Così, nel mio libro *I robot e l'impero* (Doubleday, 1985), compare un robot per il quale la definizione di essere umano corrisponde a coloro che parlano con un certo accento.

L'eroina di quel libro non parla con quell'accento, perciò il robot si sente libero di ucciderla.

Quel robot viene prontamente distrutto da un secondo robot.

La situazione è simile a quella della Seconda Legge, secondo la quale i robot sono costretti a obbedire agli ordini loro impartiti dagli esseri umani, sempre che quegli ordini non violino la Prima Legge.

Se, di due robot, uno, a causa della sua disattenzione, o mancanza di comprensione, non obbedisce a un ordine, il secondo deve eseguire lui stesso l'ordine, oppure costringere il primo a farlo.

Così in una drammatica scena di *I robot e l'impero* la cattiva dà a un robot un ordine perentorio.

Il robot esita perché l'ordine potrebbe causare un danno all'eroina, Per un po', allora, c'è un confronto durante il quale la cattiva intensifica il proprio ordine, mentre un secondo robot cerca di far ragionare il primo robot, di portarlo alla più ampia constatazione del danno che verrà arrecato all'eroina.

Qui abbiamo il caso di un robot che esorta un altro robot a obbedire alla Seconda Legge nella maniera più genuina, e di opporsi a un essere umano nel farlo.

E la Terza Legge, però, che solleva i problemi più ardui per ciò che riguarda i rapporti fra i robot.

La Terza Legge afferma che un robot deve salvaguardare la propria esistenza, purché ciò non sia in contrasto con la Prima o la Seconda Legge.

Ma se la minaccia riguardasse due robot? Ciascuno di loro dovrebbe preoccuparsi soltanto della propria esistenza, come può far credere un'interpretazione letterale della Terza Legge? Oppure ognuno dei robot sentirebbe il bisogno di aiutare l'altro a conservare la propria esistenza? Come ho detto, questo problema non mi si è mai presentato fintanto che ho avuto a che fare con un solo robot per ogni storia. (Talvolta c'erano altri robot, ma erano personaggi decisamente secondari, semplici portatori d'acqua, per intenderci.) Però, prima in *I robot dell'alba* (Doubleday, 1983), e poi nel seguito, *I robot e l'impero*, ho avuto a che fare con due robot di uguale importanza.

Uno di questi era R. Daneel Olivaw, un robot umanoide (che non si poteva facilmente distinguere da un essere umano), il quale all'inizio era comparso in *Abissi d'acciaio* (Doubleday, 1954) e nel suo seguito, *Il sole nudo* (Doubleday, 1957).

L'altro era R. Giskard Reventlov, il quale aveva un aspetto metallico più ortodosso.

Entrambi i robot erano progrediti al punto di avere un cervello complesso quanto quello umano.

Questi due robot erano impegnati nella lotta contro la cattiva, Lady Vasilia.

Giskard (tali erano le esigenze della trama) riceve l'ordine da Vasilia di lasciare il servizio di Gladia (l'eroina) e di affiancarsi a lei.

Ed è Daneel a sostenere tenacemente che Giskard deve rimanere con Gladia.

Giskard possiede la capacità di esercitare sugli esseri umani un limitato controllo mentale e Daneel gli fa notare che Vasilia deve essere controllata, per garantire la

sicurezza di Gladia.

E solleva perfino il problema del bene dell'umanità in senso astratto (la "Legge Zero"), in favore di un'azione del genere.

Le argomentazioni di Daneel indeboliscono l'effetto degli ordini di Vasilja.

Giskard viene indotto a esitare, ma non può essere costretto ad agire.

Vasilja, però, decide che Daneel è troppo pericoloso; continuando a discutere, potrebbe costringere Giskard a comportarsi come vuole lui.

Per questa ragione, ordina ai suoi robot di disattivare Daneel, e inoltre ordina a Daneel di non opporre resistenza.

Daneel deve obbedire all'ordine, e i robot di Vasilja si fanno avanti per eseguirlo.

E allora che Giskard agisce.

Quei quattro robot vengono disattivati, e la stessa Vasilja si accascia in un sonno d'oblio.

Più tardi, Daneel chiede a Giskard di spiegargli cos'è successo.

«Quando lei ha ordinato ai robot di smantellarti, amico Daneel, e ha mostrato un'evidente emozione per il piacere che le dava una simile prospettiva, il tuo stato di bisogno, in aggiunta a ciò che il concetto della Legge Zero aveva già operato, ha soppiantato la Seconda Legge ed è entrato in competizione con la Prima Legge.

E stata la combinazione fra Legge Zero, la psicostoria, la mia fedeltà a Lady Gladia, e il tuo stato di bisogno, a dettare la mia azione.» Poi, Daneel sostiene che il suo stato di bisogno (essendo lui solamente un robot) non avrebbe dovuto influenzare per niente Giskard.

E ovvio che Giskard è d'accordo, eppure dice: «E una cosa strana, amico Daneel.

Non so come sia successo...

Nel momento in cui i robot sono venuti verso di te, e Lady Vasilja ha espresso il suo piacere crudele, la conformazione dei miei circuiti positronici si è ristrutturata in maniera anomala.

Per un momento ho pensato a te come...

come a un essere umano... e ho reagito di conseguenza.» «Ma era sbagliato» obietta Daneel.

«Lo so» risponde Giskard. «Eppure... eppure, se dovesse succedere di nuovo, credo che si verificherebbe lo stesso cambiamento anomalo . » E Daneel non può fare a meno di sentire che, se si fosse trovato nella situazione opposta, anche lui avrebbe agito nella stessa maniera.

In altre parole, i due robot avevano raggiunto uno stadio di complessità tale da cominciare a perdere la distinzione fra robot ed esseri umani, al punto da potersi considerare "amici", provando lo stimolo di salvare la reciproca esistenza.